

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulun koulutusohjelma / merikapteeni amk

Antti Äijälä

RISKIT MIEHITTÄMÄTTÖMÄN ALUKSEN OPEROINNISSA

Opinnäytetyö 2015

## TIIVISTELMÄ

### KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

#### Merenkulun koulutusohjelma

ÄIJÄLÄ, ANTTI

Miehittämätön alus

Opinnäytetyö

78 sivua + 2 liitesivua

Työn ohjaaja

Lehtori Timo Alava, lehtori Ari Helle

Toimeksiantaja

Rolls-Royce Oy Ab

Toukokuu 2015

Avainsanat

miehittämätön, etäoperoitu, riskit, redundanttisuus

Opinnäytetyön aihe on riskit miehittämättömän aluksen operoinnissa, ja työn toimeksiantaja on Rolls-Royce Oy Ab. Opinnäytetyössä esitellään miehittämättömyyden tulo alukselle ja kuinka tulevaisuudessa turvallisuus ja riskit sen vaikutuksesta muuttuvat ja kuinka niihin voidaan varautua.

Tutkimusmenetelminä käytettiin teemahaastattelua ja vika- ja vaikutusanalyysia. Haastateltavana oli Rolls-Roycen kehitysprojektipäällikkö Iiro Lindborg. Haastattelun aiheet noudattavat opinnäytetyön sisällysluetteloa. Opinnäytetyössä esitellään laillisia operoinnin edellytyksiä, operointiin tarvittavaa henkilöstä, välineistöä, hyötyjä ja säästöjä, varajärjestelmiä sekä hätätilannehallintaa.

Hätätilannehallinnan riskit ja ongelmat on jaoteltu 11 eri riskiin, joista vika- ja vaikutusanalyysin avulla on saatu jokaiselle riskille omat tasot. Vika- ja vaikutusanalyysi koottiin haastattelun, Rolls-Roycen tietojen ja miehittämättömän aluksen konseptia kehittäneiden tahojen visioiden perusteella.

Vika- ja vaikutusanalyysin tulokset osoittavat, että järjestelmien redundanttisuus, teknologian kehitys, operatiivisen jatkuvuuden varmistaminen ja tulevan kokeman selvittäminen ovat keinoja, joilla miehittämättömän aluksen riskit saadaan minimoitua. Lisäksi ihmisten poisjäännin todettiin lisäävän turvallisuutta merenkulussa. Riskialteimmiksi todettiin aistienvaraisten tuntemusten siirtäminen etävalvomoon, karttajärjestelmien ja paikanmäärityksen luotettavuus sekä tulevaisuuden verkkopiratismin uhka.

Tulokset ja päätelmät osoittavat, että itsenäisesti kulkeva ja etäoperointikeskuksesta valvottu alus on tulevaisuudessa mahdollinen, jos se toteutetaan tarpeeksi suurin investoinnein, harkituin ja testatuin kehitysvaihein sekä yhteistyön voimin.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Maritime Technology

ÄIJÄLÄ, ANTTI

Bachelor's Thesis

Supervisors

Commissioned by

May 2015

Keywords

Risks when operating unmanned ship

78 pages + 2 pages of appendices

Timo Alava, Ari Helle

Rolls-Royce Oy Ab

unmanned, risks, shore command centre, redundancy

The subject of the thesis, ordered by Rolls-Royce Plc, is risks when operating an unmanned ship. In the thesis the introduction of an unmanned ship and the autonomy connected with it are discussed. Safety and the risks in the future are also dealt with and how one can prepare for them.

A theme-centered interview and a failure mode and effects analysis were used as research methods. The interviewee was Development Project Manager Iiro Lindborg from Rolls-Royce Plc. The themes of the interview complied with the table of contents of the thesis. Legal requirements for operation, operative personnel, equipment, benefits and economic savings, backup systems and emergency situation control of the unmanned ship vision are discussed in the thesis.

The risks and problems of the emergency control are divided into eleven categories, and the levels for each individual risk are determined by using the failure mode and effects analysis. The data for the failure mode and effects analysis was collected from the interview, Rolls-Royce Plc and the visions of the parties developing the concept of the unmanned ship.

The results of the failure mode and effects analysis shows that the means of minimising the risks of the unmanned ship are the redundancy of systems, development of technology, ensurance of operative continuity and prediction of upcoming occurrence. In addition, the lack of personnel was stated to increase seafaring safety. The most high-risk points are transferring sensory knowledge to the shore command centre, the reliability of chart systems and the ship's positioning and the threat of future network piracy.

The results and conclusions indicate that an autonomous ship overseen by the shore command centre is plausible in the future if it is executed with full-size investments, considerate and tested development phases and collaboration.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

1	JOHDANTO	9
2	TUTKIMUSMENETELMÄT	10
2.1	Teemahaastattelu	10
2.2	Vika- ja vaikutusanalyysi	10
3	MIEHITTÄMÄTÖN ALUS	11
3.1	Historia	11
3.2	Kokeilut	11
3.3	Tavoitteet	12
3.4	Visio	12
3.5	Rolls-Royce Oy Ab:n visio	14
3.6	MUNIN-projekti	15
4	OPEROINNIN EDELLYTYKSET	16
4.1	Meriteiden säännöt	16
4.2	IMO-säädökset	17
4.2.1	SOLAS-säännöt	17
4.2.2	Marpol	17
4.3	Luokkasäännöt	18
4.4	Muut säännöt	19
5	VÄLINEISTÖ	19
5.1	Laitteiston itsenäisyys	19
5.2	Aluksen koneisto	20
5.3	Navigointilaitteet	22
5.3.1	Merillä	25
5.3.2	Maissa	25

5.4	Tiedonsiirto	26
5.5	Radioliikenne ja VTS	27
5.6	Lastin valvonta	28
6	HENKILÖSTÖ JA RESURSSIT	28
6.1	Aluksen käyttöönotto	28
6.2	Henkilöstö merellä	29
6.3	Etävalvomo	29
6.4	Huolto ja kunnossapito	30
6.5	Laivan ja laitteiston ikääntyminen	31
7	VARAJÄRJESTELMÄT	31
7.1	Koneet	32
7.2	Navigointi	33
8	HYÖDYT JA SÄÄSTÖT	34
8.1	Hyödyt	34
8.2	Säästöt	34
8.2.1	Rakenteelliset hyödyt ja suunnittelusäästöt	34
8.2.2	Henkilöstö- ja polttoainesäästöt	35
9	RISKIT JA ONGELMAT	36
9.1	Hätätilannehallinta	37
9.1.1	Tulipalo	37
9.1.2	Sähkövika	38
9.1.3	Konevika	39
9.1.4	Yhteentörmäys	40
9.1.5	Tiedonsiirron katkeaminen	41
9.1.6	Verkkopiratismi ja piratismi	42
9.1.7	Jäissä operointi ja jäätäminen	43
9.1.8	Karilleajo, törmäämiset, matalat vedet ja vuototilanne	44
9.1.9	Lastiongelmat	45
9.1.10	Squat-ilmiö ja virtaukset	46
9.2	Tulo ja lähtö	48
9.3	Konehuone	49

9.4	Tiedonsiirto	50
9.5	Vastuu	51
9.6	Search and rescue	52
9.7	VVA-lomake	52
9.7.1	VVA-lomakkeen tulkinta	52
9.7.2	Vika- ja vaikutusanalyysi	53
9.7.3	Analyysin johtopäätökset	63
10	JOHTOPÄÄTÖKSET	65
10.1	Etävalvomo	65
10.2	Toteutuminen	66
10.3	Muut tutkimuskohteet ja aiheet	67
10.4	Etäoperoitu alus ja henkilöstö tulevaisuudessa	67
10.5	Operoijien koulutustaso	69
10.6	Aluksen tulo ja lähtö	69
10.7	Täysautomatisointi	70
10.8	Loppupohdinta	71
LIITTEET		
	Liite 1. VVA-lomake	

## LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

AIS (Automatic Identification System) – Automaattinen alusten tunnistamisjärjestelmä

CARACaS (Control Architecture for Robotic Agent Command and Sensing) – NASAn kehittämä ohjelmisto, joka mahdollistaa pienten pinta-alusten autonomisen liikumisen

DNV-GL (Det Norske Veritas – Germanischer Lloyd) – 2013 fuusioitunut norjalais-saksalainen luokituslaitos, joka luokittelee aluksia ympäri maailman

FF-vene (freefall) – Nopeaan pelastautumiseen tarkoitettu vapaapudotusvene

Glonass – Venäjän puolustusministeriön satelliittipaikannusjärjestelmä

GPS (Global Positioning System) – Yhdysvaltain puolustusministeriön satelliittipaikannusjärjestelmä

IMO (International maritime organisation) – Kansainvälinen merenkulun organisaatio

Inmarsat PLC – Englantilainen satelliittitietoliikenne yhtiö

LNG – Nesteytetty maakaasu

Marpol – Alusten aiheuttaman meren pilaantumisen ehkäisemistä koskeva kansainvälinen yleissopimus

Meriteiden säännöt – Vuonna 1972 solmittu yleissopimus kansainvälisistä säännöistä yhteentörmäyksien välttämiseksi

SOLAS (Safety of Life at Sea) – kansainvälinen meriturvallisuutta lisäävä yleissopimus

VTs (Vessel Traffic Services) – Alusliikennepalvelu

VTT – Valtion tekninen tutkimuskeskus

VVA (vika- ja vikaantumisanalyysi) – Systemaattinen riskien arviointi analyysi

USV (Unmanned surface vehicle) – Miehittämätön pinta-alus



## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä perehdytään miehittämättömään alukseen ja käsitellään aluksen operointiin liittyviä riskejä sekä sitä, miten operoinnista voi tehdä turvallisempaa. Miehittämättömällä aluksella tarkoitetaan kaikkia alustyyppisiä lukuun ottamatta kalastusaluksia, risteilyaluksia ja suuria matkustajalauttoja.

Työn tarkoitus on antaa kokonaiskuva miehittämättömästä aluksesta ja toimia yleisenä katsauksena, jossa nostetaan esille suurimmat riskit, joihin tulevaisuudessa kannattaa kiinnittää huomiota.

Ei ole selvää, että täysin miehittämätön alus on lopullinen tavoite. Testaus- ja siirtymävaiheen, kuten myös tämän opinnäytetyön, tavoite on selvittää, millä keinoilla ja henkilöstöllä etäoperointi aluksille olisi optimaalisinta.

Opinnäytetyössä tutkimusmenetelmänä on käytetty teemahaastattelua, jota varten on haastateltu Rolls-Royce Oy Ab:n kehitysprojektipäällikkö Iiro Lindborgia. Lisäksi materiaalia on kerätty eri tahoilta, jotka suunnittelevat ja visioivat alusten siirtämistä etäoperointiin tulevaisuudessa.

Opinnäytetyössä eritellään ja yksilöidään riskejä ja niiden vaikutuksia vika- ja vikaantumisanalyysilomakkeella (VVA). Tarkoitus on kartoittaa ja esitellä riskit, jolloin miehittämättömän aluksen operoiminen on mahdollisimman turvallista ja suunniteltua.

Opinnäytetyössä esitellyt ideat ja suunnitelmat voivat muuttua tulevaisuudessa hyvinkin toisenlaisiksi. Suunnitelmat, jotka tällä hetkellä vaikuttavat toimivilta, voivat kokeilujen ja testien jälkeen osoittautua epäkäytännöllisiksi, korkeakustanteisiksi tai hankaliksi toteuttaa.

## 2 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 2.1 Teemahaastattelu

Teemahaastattelussa haastattelun aihepiirit eli teema-alueet tiedetään, mutta kysymysten tarkka muoto ja järjestys uupuvat. Se on välimuoto vapaasta ja strukturoidusta haastattelusta. (1.)

Opinnäytetyössäni olen Iiro Lindborgia haastatteleamalla kerännyt riskianalyysiin tarvittavat tiedot hänen ja Rolls-Roycen näkemyksistä tulevaisuuden etäoperoiduista aluksista ja niihin liittyvästä toiminnasta ja suunnitelmista.

### 2.2 Vika- ja vaikutusanalyysi

*Vika- ja vaikutusanalyysi (VVA) on systemaattinen tapa tunnistaa tapoja ja menetelmiä, joiden mukaan tuote tai prosessi voi epäonnistua ja suunnitella tältä pohjalta ennaltaehkäiseviä toimenpiteitä (2).* VVA-periaate on esitelty jo vuonna 1949 Yhdysvaltojen merivoimien järjestelmien ja laitteiden luotettavuuden analysoimiseksi. Myöhemmin vuonna 1974 Yhdysvaltojen merivoimat kehitti standardin koskien VVA:n käyttöä. Lisäksi VVA:a on käytetty muun muassa Apollo-ohjelmassa. (2.)

VVA-analysointimalleja on neljä erilaista: järjestelmä-VVA, suunnittelu-VVA, prosessi-VVA ja laite-VVA. Järjestelmä-VVA on käytössä varhaisessa konseptivaiheessa menetelmien eri osioille, jotka yhdessä muodostavat kokonaisuuden. Suunnittelu-VVA laaditaan palvelulle ennen tuotantoon laskemista, prosessi-VVA laaditaan laadunsuunnitteluvaiheessa prosessin alussa ja laite-VVA laaditaan prosessin laitteiden toimivuuden tunnistamiseksi. Tässä opinnäytetyössä käytetään järjestelmä-VVA:a. (2.)

VVA parantaa prosessien luotettavuutta ja prosessisuunnittelun tarkkuutta. Sillä voidaan myös nopeuttaa uusien prosessien ja palveluiden virheetöntä käyttöönottoa sekä parantaa prosessin valvontakeinoja ennakoidusti. VVA:n loppupäätelmän tarkoitus on tuottaa muun muassa lista prosessin mahdollisista vikaantumistavoista, tietoa prosessin jatkovalvonnasta sekä tietoa, millä tavoin vakavia seurauksia voidaan eliminoida ja ongelmia ratkaista. (2.)

Tässä työssä on katsottu VVA osuvaksi analysointimuodoksi, koska se tuo esille prosessin ongelmakohtia ja puutteita, mutta ei anna niihin suoranaista ratkaisua. Ratkaisut ja ehkäisevät toimenpiteet löydetään yhdessä muiden ongelmanratkaisumenetelmien kanssa. Miehittämättömän aluksen riskit ja korjausmenetelmät nousevat esille tätä metodia käyttämällä tarpeeksi selvästi, jotta toimenpiteet menetelmien parantamiseksi voidaan aloittaa. (2.)

### 3 MIEHITTÄMÄTÖN ALUS

#### 3.1 Historia

Ensimmäiset kauko-ohjausta ja automaatiota soveltavat laivat rakennettiin Japanissa 1960-luvulla. Kokemukset olivat vaihtelevia eivätkä pelkästään positiivisia. Komponenttien luotettavuus oli alhainen, eikä järjestelmän perustana tehty luotettavuusanalyysiä. Ihmisen ja tietokoneen välinen kommunikointi sekä järjestelmän ylläpito oli vaikeaa. Tästä palattiin suuntaamaan kehitystyö miehittämättömään konehuoneeseen. (3.)

Miehittämätön konehuone on kokonaisuus, jonka määrittämisestä vastaavat luokituslaitokset. He määrittävät säännöt instrumentoinnin ja automatisoitujen toimintojen tason niillä laivoilla, joiden konehuone on miehittämätön 16 tunnin ajan vuorokaudessa. (3.)

Merenkulun historia osoittaa, että miehistöä vähennetään aluksilta jatkuvasti. Tulevaisuudessa teknologia tuo yhä enemmän ratkaisuja, joilla voidaan helpottaa ihmisen tekemiä töitä. Lisäksi robotiikan ansiosta yhden henkilön vastuu ja toimialue kasvavat suuremmiksi. Koneistaminen ja laitteiston kehittyminen tässä suhteessa tulee jatkumaan. Yleisesti miehittämättömien alusten kehityshistoria on liittynyt eri maiden puolustukseen.

#### 3.2 Kokeilut

Yhdysvaltojen laivastolla on uusimmat onnistuneet kokeilut Unmanned surface vehicle – eli USV-toiminnasta. Teknologian on kehittänyt ONR (Office of Naval Research), ja sen tarkoituksena on antaa turvaa armeija-aluksille. Se mahdollistaa sensoreiden ja ohjelmiston välityksellä pienten pinta-alusten autonomisen liikkumisen. CA-

RACaS (Control Architecture for Robotic Agent Command and Sensing) on alun perin NASAn kehittämä ohjelmistoväline, jota ylläpitää ja kehittää ONR. Ohjelmisto lukee ympäristöä, pääosin muita aluksia, ja reagoi siinä tapahtuviin muutoksiin. USV-veneet toimivat itsenäisesti ollen kuitenkin jatkuvassa monitoroinnissa emoalukselta. CARACaS-ohjelmiston voi kytkeä miltei mihin tahansa pienempään pinta-alukseen, joten aluksia ei tarvitse erikseen suunnitella kyseistä tarkoitusta varten. (4; 5.)

### 3.3 Tavoitteet

Miehittämättömien alusten ympäristöystävällisyys kasvaa, kun siirrytään käyttämään vähäpäästöisempiä energiamuotoja, kuten nesteytettyä maakaasua ja sähköä. Myös hitaampi eteneminen, slow steaming, merimatkoilla vähentää päästöjä. Hitaammalla etenemisellä tarkoitetaan aluksen merkittävää vähennystä maksiminopeudesta.

Etäoperoitujen alusten ja etävalvomon tulo ei tulisi välttämättä työllistämään lisää merenkulkualan henkilöstöä, vaikka viitteitä siihen suuntaan on, mutta varmana voidaan pitää sitä, että laivapäällystön sekä kansi- ja konehenkilöstön siirtyminen maihin muuttaa heidän toimenkuvaansa. (6.)

Etävalvomon tuoma sosiaalinen mukavuus tuo koko merenkulkualan ja sen parissa työskentelyn houkuttelevammaksi nuorille, jotka eivät halua viettää pitkiä aikoja merillä poissa perheen ja ystävien luota (6).

Keskikokoisen irtorahtialuksen matkavauhdin hidastaminen 30 %:lla pienentää polttoaineen kulutusta 50 %:lla, vaikka mukaan laskettaisiin ylimääräiset matkaan kuluneet päivät. (6.) Luku on optimistinen verrattuna Rolls-Roycen tekemään säästötutkimukseen, jossa polttoaineen kulutus on arvioitu olevan 20 %. Tähän palataan myöhemmin osiossa 8.2.3. (7.) Huolimatta eri arvioista, hidas matkavauhti yhdistettynä miehistökulujen poistumiseen lisää taloudellista kestävyyttä ja pienentää kokonaismatkakustannuksia. Tämä pätee etenkin aluksen tehdessä pitkiä valtamerimatkoja. (6.)

### 3.4 Visio

Teknologian kehitys ja laitteiston itsenäisyys tulevat viemään liikenneteollisuutta uuteen suuntaan tulevaisuudessa. Autoteollisuus ja metrot ovat tuoneet jo omia autonomisia toimintoja yhä enemmän liikenteeseen. Palvelut ovat siirtyneet etäope-

roiduiksi. Tämä tulevaisuus ja kulkuvälineiden autonomisuus tulee olemaan merkittävä osa myös merenkulkua. Miehittämätön alus on operatiivisella puolella kiehtonut pitkään sen tuomien hyötyjen ja mahdollisuuksien valossa. (6; 8; 9.)

WATERBORNE TP on keskustelufoorumi, jossa merenkulun asianosaiset määrittävät ja visioivat merenkulun innovatiivista tietä tulevaisuuteen. He määrittelevät miehittämättömän aluksen seuraavasti:

*Uuden sukupolven moduuliohjausjärjestelmä ja kommunikointimenetelmä, joka mahdollistaa langattoman monitoroinnin ja kontrolloinnin niin aluksella kuin maissa. Näihin kuuluvat kehittyneet ratkaisutukijärjestelmät, jotka tarjoavat mahdollisuuden operoida etänä aluksia joko osittain tai täysin autonomisina. (10.)*

Etäoperoidulla aluksella voi olla miehistöä, mutta ohjailu tapahtuu ensisijaisesti etävalvomokeskuksesta. Miehittämätön alus on lopullisessa vaiheessa täysin henkilöstötön. Merkitys opinnäytetyön kontekstissa on sama.

Miehittämättömän aluksen kontrollointi ja valvonta tapahtuisi maissa etäoperointikeskuksissa. Nämä etäoperointikeskukset vastaisivat tietystä maantieteellisestä alueesta, jossa miehittämättömät alukset operoisivat, tai keskuksset voisivat vastata tietyistä sovitusta laivastoista. Keskus olisi hierarkkinen yhteisö, joka työllistäisi monia merenkulkualan erikoisosaajia ja asiantuntijoita. (11; 9.)

Miehittämätön alus kulkisi etäoperoidusti mutta itsenäisesti etävalvomossa ennalta määritettyjä reittejä. Reitit voivat ulottua tulevaisuudessa pienistä lauttamatkoista pitkiin valtameren ylityksiin. Tulevaisuudessa miehittämättömät alukset operoisivat ympäri maailman. Aluksi kehitysvaiheet kulkisivat rannikonläheisyydessä operoinnissa, josta myöhemmin siirryttäisiin avomerelle. (9.)

Opinnäytetyössä esitelty siirtymävaihe kattaa tulevat vuodet, jotka vievät alusta täyteen autonomisuuteen. Ajallisesti vaihetta on hankala määrittää johtuen konseptikokeilujen onnistumisesta ja tilanteesta, jolloin viimeiset henkilöt poistuvat alukselta ja alukset alkavat tekemään itsenäisiä päätöksiä.

Lopullisessa vaiheessa alus olisi itsenäinen ja tekisi itsenäisesti alemman luokan päätöksiä. Lopullinen vaihe voi muuttaa muotoaan paljon sille määritellystä kehitysvaiheen lopullisesta tasosta (9). Mikä sitten käytännössä tulee olemaan lopullinen vaihe, kun kehitystä tulee aina tapahtumaan ja teknologia muuttumaan ja muuttamaan alusta vielä autonomisempaan muotoon? Voidaan kuitenkin sanoa, että etävalvomoiden ollessa operatiivisia, ja niiden valvoessa useampaa kuin yhtä alusta, lopullinen vaihe on karkeasti määritelty. Rolls-Royce on teollisella puolella tällä hetkellä ainoa, joka julkisesti puhuu tulevista etäoperoiduista aluksista (9).

### 3.5 Rolls-Royce Oy Ab:n visio

Rolls-Royce-konserni sisältää viisi eri toimialuetta: siviili-ilmailu (Civil Aerospace), puolustusilmailu (Defence Aerospace), energia (Energy), meriteollisuus (Marine) ja sähköjärjestelmät (Power Systems). Rolls-Royce Oy Ab on osa Rolls-Roycen Marine-toimialaa, ja se perustettiin vuonna 1988 yhdistämällä Rauma-Repolan kansikonetehtas ja Hollmingin konepaja. Rolls-Royce-konserni osti yhtiön vuonna 1999, ja vuotta myöhemmin yhtiö alkoi käyttää nimeä Rolls-Royce Oy Ab. Kokkolassa vesisuihkulaitteita valmistava FF-jet fuusioitiin yhtiöön vuonna 2001. Tuotantolaitokset sijaitsevat Raumalla ja Kokkolassa. Raumalla yhtiöllä on 550 vakituista työntekijää ja Kokkolassa 84. Rauman yksikön tuotanto-ohjelmaan kuuluvat potkurilaitteet ja vintturijärjestelmät, joissa kummassakin yhtiö on maailman johtava valmistaja. Yhtiön liikevaihto vuonna 2013 oli 579 miljoonaa euroa ja viennin osuus 99 %. (12; 13.)

Rolls-Royce on puhtaasti järjestelmätoimija. Ajatellen etäoperoituja aluksia Rolls-Royce Oy Ab voi toimittaa miehittämättömään alukseen sen liikuttamiseen vaadittavan integroidun järjestelmän. Rolls-Royce Oy Ab siis yhdistää eri järjestelmien toimijoiden osat yhdeksi kokonaisuudeksi. Heidän visionsa aluksen toiminnoista nojaa heidän omiin tutkimuksiinsa sekä suunnitelmiinsa. (14.)

Rolls-Royce ennustaa, että alusälykkyys nousee tulevaisuudessa merkittävään rooliin laivateollisuudessa. Aluksista tulee monimutkaisia ja älykkäämpiä, mikä tulee lopulta viemään niitä kohti autonomisuutta. Tähän suureen Ship Intelligence -kokonaisuuteen kuuluvat myös etäoperoidut alukset. (15.)

Rolls-Royce Oy Ab on suunnitellut tulevaisuuden visionsa miehittämättömille aluksille portaittain. Potentiaalinen aikajana konseptialuksille olisi seuraavanlainen: Ensimmäisenä siirtyminen tuodaan vuosina 2015–2020 kaapelialuksille. Tänä aikana tuodaan mukaan myös koneiden etävalvonta, diagnostiikka ja koneiden koko kontrollointi. Seuraavana viiden vuoden visiona 2020–2025 on ensimmäisen rannikkorahtialuskonseptin tuominen. Jakson loppuvaiheessa tuotaisiin myös etäoperoitu vahdinpito maihin. Vuosina 2025–2030 mukaan tulisi puoliautomaattinen avomerirahtialus. Ulkoasultaan ja toiminnaltaan alus vastaisi tämänkin hetkisiä rahtialuksia, mutta mahdollisuudet aluksen etäoperointiin olisivat mukana. Jakson puolivälissä aloitettaisiin avomerietäoperointi ja vuoteen 2030 visioidaan monien alusten yhtäaikaista monitoroimista ja kontrollointia. Portaittaisen tuomisen viimeisellä ajanjaksolla vuoteen 2035 mennessä Rolls-Royce on visioinut ensimmäisen avomerellä kulkevan rahtilaivakonseptin, jonka kokonaisvaltainen valvonta suoritettaisiin maista. Alus olisi myös rakenteellisesti suunniteltu täysin miehittämättömään toimintaan, esimerkiksi komentosiltaa ei enää tarvitsisi rakentaa. Tulevaisuuden suunnitelmiin kuuluu myös laajentaa toiminta lopulta kaikille alustyypeille. Kokeilujen ja onnistuneiden testien jälkeen voitaisiin tuoda kulkuun myös puhtaasti satamassa operoivat hinaajat ja lopulta myös offshore-tukialukset. Myöhemmin opinnäytetyössä esitellään miehittämättömän aluksen miehitetty saattohinaajat, jotka vastaavat aluksen satamaan tulosta. (8; 9.)

Rolls-Royce pitää myös mahdollisena convoy-tyyppistä auralaivastoa, jossa alukset kulkevat auramuodostelmassa ensimmäisen aluksen ollessa miehitetty ja muiden seurattuna miehittämättöminä. Ensimmäinen alus ohjaisi ja monitoroisi perässä tulevia aluksia. (8; 9.)

### 3.6 MUNIN-projekti

Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks – eli MUNIN-projekti on osa Euroopan komission rahoittamaa Seventh Framework -ohjelmaa, joka tähtää taloudelliseen ja työllisyyden kasvuun Euroopan Unionissa (16). MUNIN:n tarkoitus on kehittää ja mahdollistaa miehittämätön alus, joka operoi itsenäisesti, mutta jota valvotaan maista. (17.)

MUNIN-projekti kertoo tietoesitteessään, ettei projektin tiimoilta ole löytynyt perustavanlaatuisia esteitä miehittämättömän aluksen onnistumiselle. Niitä toki on, mutta pääosin esteet ovat asian julkisessa kuvassa ja tiettyjen laitteiden ja tarvikkeiden kustannustasossa. Esteitä luo myös laillinen puoli sekä kaupalliset rajoitukset. (18.)

MUNIN-projekti on suorittanut 2015 maaliskuuhun mennessä kaksi holistista järjestelmän prototyyppitestä, joissa kolmen simulaattorikeskuksen aluksia ohjailtiin etäoperoidusti yhdestä paikasta (19).

## 4 OPEROINNIN EDELLYTYKSET

IMO-säädökset muiden sääntöjen ohella on muutettava, tai luotava kokonaan uusi osa säädöksiin, jotta niiden soveltaminen miehittämättömälle aluksella on mahdollista. Säädösten ja sääntöjen muuttamiseksi ei ole vielä tehty mitään (9). Seuraavien osioiden esimerkeillä on tarkoitus antaa jonkinasteinen kokonaiskuva siitä, mitkä kaikki säädökset vaikuttavat etäoperointiin ja miehittämättömiin aluksiin.

### 4.1 Meriteiden säännöt

Yleissopimus kansainvälisistä säännöistä yhteentörmäyksien välttämiseksi on solmittu vuonna 1972. Sopimuksen ohjaus- ja kulkusääntöjen 5. säännössä määritetään, että: *Jokaisen aluksen on aina pidettävä asianmukaista näkö- ja kuulotähystystä sekä pyrittävä kaikin vallitsevissa olosuhteissa käytettävissä olevin keinoin tilanteen ja yhteentörmäämisvaaran perinpohjaiseen arviointiin.* (20). Aluksella vaaditaan siis alituista näkö- ja kuulotähystystä. Myöhemmin työssä käydään tarkemmin läpi tähystyksen korvaavat keinot. Aluksilla on kamerat, jotka kuvaavat näkökenttää aluksen ympärillä sekä kuulokone äänien varalle. Lopullisessa vaiheessa jatkuvaa tähystystä etävalvomossa ei tarvita teknologian ollessa niin kehittyntä, että kaikki aluksen ympärillä poikkeava havaitaan ajoissa. Sensorit ja uudenlaiset tutkat ovat ihmissilmää tarkempia ja havaitsevat paremmin ympäristön. Koneälyn avulla saadaan tarkempaa tietoa ympäristöstä, jolloin ihminen voi toimia pelkkänä tarkkailijana asiassa. (9.) Yleisesti komentosillalla tehdään meriteiden säännöissä määritetyt asiat.



## 4.2 IMO-säädökset

SOLAS-sääntöjen tulevaisuudessa suunniteltu uusiminen tuo mahdollisuuden liittää mukaan myös etäoperoitujen alusten ohjailuun ja operatiiviseen toimintaan tarvittavat säädökset. Jos säännöissä huomioidaan tarvittavat asiat etäoperoiduille aluksille, ollaan lähempänä näiden alusten tuomista merenkulkuun. Rolls-Royce Oy Ab on vienyt asiaa eteenpäin. (9.)

### 4.2.1 SOLAS-säännöt

Laki laivaväestä ja aluksen turvallisuusjohtamisesta 29.12.2009/1687 määrittää 2. luvun 5. §:ssä turvallisesta miehityksestä seuraavaa:

*Alus on miehitettävä siten, ettei alusta, laivaväkeä, matkustajia, lastia, muuta omaisuutta tai ympäristöä saateta tarpeettomasti vaaralle alttiiksi. Laivaväen tulee lukumäärältään ja pätevyydeltään olla sellainen, että kaikki vahti- ja turvallisuustehtävät aluksella voidaan hoitaa. (21.)*

Pykälä ei suoranaisesti määritä henkilölukumäärää, mutta voidaan päätellä, että mies meressä -tilanteessa minimimiehitys voisi olla kolme yhden ohjatessa alusta ja toisen pelastaessa mereen pudonnutta olettaen, että valmiusveneen laskemisen voi hoitaa laivan ohjaaja tai laskeminen voidaan suorittaa veneestä.

Jos alus on miehittämätön, kyseisen säännön muuttaminen ohjeistukseen on selvä, mutta siirtymävaiheen aluksen on tukeuduttava voimassa oleviin säädöksiin, tai on määritettävä kokonaan uudet säännöt, mikäli henkilömäärää halutaan vielä vähentää. Lisäksi olisi keksittävä erilaisia pelastuskeinoja, jos aluksella olisi esim. vain kaksi henkilöä.

### 4.2.2 Marpol

MARPOL-yleissopimus (SopS 51/1983) on vuoden 1978 pöytäkirja, joka liittyy vuonna 1973 tehtyyn kansainväliseen yleissopimukseen alusten aiheuttaman meren pilaantumisen ehkäisemisestä (22).

*Öljysäiliöaluksella, jonka bruttovetoisuus on vähintään 150, ja muulla aluksella, jonka bruttovetoisuus on vähintään 400, on oltava «MARPOL» 73/78 -yleissopimuksen I liitteen mukainen virallisen hallintoelimen hyväksymä valmiussuunnitelma öljyvahingon varalle (22).*

Öljysäiliöalukset eivät tule olemaan ensimmäisiä aluksia, joita aiotaan siirtää etäoperointiin. Valmiussuunnitelma öljyvahingon varalle koskee bruttovetoisuudeltaan suuria aluksia. Kuten visio-osiossa kerrottiin, ensiaskeleet etäoperoinnissa ovat varovaisia ja otetaan todennäköisesti pienemmillä aluksilla. Kun tulevaisuudessa on päästy etäoperointivarmuuteen, voi öljy yleisesti sekä sen käyttö aluksen energianlähteenä, olla historiaa, jolloin ehkäisevää toimintaa saastumisen varalta ei tarvitse tehdä.

On kuitenkin selvää, että miehittämättömällä aluksella ei ole valmiussuunnitelma-asemaa öljyvahingon varalle, eikä aluksella voi tehdä torjuvaa inhimillistä toimintaa öljyvahingon sattuessa. Kuten aiemmissa säädöksiä koskevissa osioissa on kerrottu, on laadittava miehittämätöntä alusta varten täysin uudet säädökset sekä keinot tämän riskin tai ympäristövahingon ehkäisemiseksi. Opinnäytetyössä tullaan kertomaan miehittämättömän aluksen siirtymisestä täysin sähköön, jolloin öljystä ja sen aiheuttamista uhkista päästään eroon kokonaan. Näihin palataan aluksen koneisto- ja konevika-osioissa.

### 4.3 Luokkasäännöt

*Miehittämättömät alukset on tulevaisuudessa luokiteltava luokituslaitoksissa, jotta ne voivat operoida laillisesti. Merenkulun luokituslaitokset ryhmittelevät alukset luokkiin ja antavat niille luokitustodistuksen, jonka tarkoituksena on määrittää alusten turvallisuus ja merikelpoisuus (23).*

Säädösten tuominen ja miehittämättömien alusten toiminnan kuvaaminen SOLAS:een voi olla hankalaa, joten alusten kuvaukset ja tulkinnat voivat ennemmin pohjautua niiden luokitukseen. On todennäköistä, että luokituslaitoksen säännöt tehdään asiantuntemuksella ensin luokituslaitoksissa, jonka jälkeen siirtäminen SOLAS-säädöksiin on optimaalisempaa. Luokituslaitos DNV-GL on kehittänyt etäoperoidun ReVolt-konseptialuksen, jonka odotetaan vaikuttavan myös luokkasääntöuudistuksiin. (9).

#### 4.4 Muut säännöt

Muut säännöt kattavat esimerkiksi lippuvaltion määrittämät vaatimukset aluksiin, kuten hätäpoistumistiet silloin, kun miehistöä on laivalla. Nämä säädökset käyvät saman prosessin läpi kuin muut muuttuvat säädökset. Laivalle on mm. tehtävä selvät hätäpoistumistiet siirtymävaiheen aluksiin, jos alukset kokevat rakenteellisia muutoksia, ja myös lopullisen vaiheen miehittämättömän aluksen huoltohenkilöstöä varten.

### 5 VÄLINEISTÖ

#### 5.1 Laitteiston itsenäisyys

Siirryttäessä vaiheittain miehittämättömään alukseen tulee siitä sitä itsenäisempi mitä pidemmälle siirtymävaihetta on edetty. Siirtymävaiheessa alus ei tee itsenäisiä ratkaisuja, vaan alusta ohjataan ja kontrolloidaan jatkuvasti. Lopullisessa vaiheessa miehittämätön alus toimisi autonomisesti ja tekisi itsenäisesti esimerkiksi reittiä ja nopeutta koskevia ratkaisuja kysyen kuitenkin luvan toteutukseen alusta valvovalta taholta, etävalvomosta. MUNIN-projektin yhteistyökumppaneita johtava Fraunhofer CML on suunnitellut sääoptimointiohjelman, joka tunnistaa myrskyrintaman ja laskee vaihtoehtoiset reitit huomioiden muun muassa lisääntyvän polttoaineen kulutuksen. Alus ehdottaa etävalvomoon uutta reittiä ja odottaa sen hyväksyntää. Alus ja sen laitteisto ovat siis itsenäisiä ja kykenevät tekemään tavallisiin merimatkoihin liittyviä alemman luokan päätöksiä ilman ihmisen puuttumista asiaan. Autonomiasta huolimatta aluksia tullaan monitoroimaan jatkuvasti etävalvomosta ja hyväksymään sen tekemät ehdotukset. (9; 24.)

Kriittisissä tilanteissa aluksen toiminnot siirtyisivät etävalvomon simulaattoriin, josta sitä voidaan virtuaalisesti ohjata. Kamerat kuvaavat ympäröivän näkökentän, ja mittarit ja anturit kertovat laivan tilan siirtäen kaiken datan etävalvomon simulaattoritiilaan. Simulaattoritilassa kokemus on tarkoitus pyrkiä vastaamaan aluksen sillä hetkellä kokemaan tilaa. Ihminen ei menetä oikeutta puuttua alukseen ja sen toimintoihin missään vaiheessa. (9; 24.)

## 5.2 Aluksen koneisto

Visiossa todettiin, että aluksen konehuoneen valvonnan ja kontrolloinnin siirtäminen maihin olisi ensimmäisiä askeleita etäoperoinnissa. Tulevaisuuden konehuone on täynnä sen kuntoa ja tilaa mittaavaa laitteistoa. Konekuulolla voidaan kuunnella koneista lähtevää ääntä, ja värinäantureilla sekä mittaristolla voidaan valvoa koneiden kuntoa yleisesti, mikä tapahtuu nykyään konevalvomosta. Konekuulon, eri antureiden ja mittareiden sekä koneen oman itsediagnostiikan avulla voidaan myös ennaltaehkäistä ongelmia ja analysoida, mitkä osat ja laitteet vaativat huoltoa tai vaihtoa uusiin. (9.) Ennaltaehkäisevään huoltoon palataan osiossa 6.4.

Alukset siirtyvät tulevaisuudessa raskaasta polttoöljystä turvallisempaan ja ympäristöystävällisempään nesteytettyyn maakaasuun. Tämä olisi etäoperoiduille aluksille myös siirtymävaiheen energianlähde. Todennäköisesti siirtymävaiheessa miehittämättömiin aluksiin asennetaan sekä nesteytettyä maakaasua (LNG) käyttävä koneisto että akustopohjainen virtalähde. Nämä hybridimallit voivat käyttää sähköä esimerkiksi satamaoperoinnissa ja pidemmällä matkoilla siirtyä LNG:een. Hidas matkavauhti vähentää myös hiilidioksidi- ja rikkipäästöjä. (9; 14.)

Aivan lopullisessa vaiheessa miehittämättömän aluksen käyttöenergiana tulee todennäköisesti olemaan eri keinoin tuotettava sähkö. Aluksista tulee tulevaisuudessa energiatehokkaampia, ja energiaa voidaan ottaa talteen uusin keinoin. Sähköön siirtyminen tulisi vähentämään konehuoneen ongelmia ja huoltokustannuksia nykyisin käytettävän raskaan polttoöljyn ja dieselöljyn sijasta. (9.) Sähkön käyttö aluksella on täysin päästötöntä, ja jos akkuihin tarvittava sähkö saadaan tuotettua uusiutuvista lähteistä, se tulee olemaan ympäristöystävällisempää ja vähentämään hiilidioksidipäästöjä. (25.)

ZeroCat tieliikennelautta on Norledin ja Siemensin yhteistyöllä suunniteltu sekä Rolls-Roycen azimuthpropulsiolla koneistama ensimmäinen täysin sähköllä toimiva alus. Alus rakennetaan Omastrandissa Norjassa. Autolautta tulee toimimaan lithium-ion-akuilla, jotka latautuvat autojen lastauksen ja purkauksen aikana määräsatamien välillä. Latautuminen vie vain kymmenen minuuttia aikaa. Alus aloittaa toimintansa 2015 ajamalla Lavikin ja Oppedalin väliä Norjassa. ZeroCat voitti vuoden 2014 aluspalkinnon. Siemensin mukaan ZeroCat voi poistaa hiilidioksidipäästöjä jopa 3000 tonnia vuodessa. (26; 27.) Ansaittu tunnustus kertoo maailman menevän vihreämpään suuntaan ja arvostavan parempia ja vähäpäästöisempiä energiamuotoja.

Toinen täysin sähköllä toimiva alus on DNV-GL:n kehittämä lyhyisiin merimatkoihin suunniteltu rahtialus ReVolt. Alus on vielä tällä hetkellä testausvaiheessa, mutta rakentaminen ja operointi olisivat mahdollisia nykypäivän teknologialla. DNV-GL on yhdistynyt norjalais-saksalainen luokituslaitos, jolla on maailman johtava asiantuntemus uusiutuvista energialähteistä ja energiatehokkuudesta sekä öljyn ja kaasuteollisuuden teknisestä neuvonannosta. Suunniteltu ReVolt konseptialus on 60 m pitkä, 14,5 m leveä ja 13 m korkea. Aluksessa ei ole komentosiltaa, sen kuollut paino on 130 tonnia ja lastina se voi kuljettaa 100 konttia. ReVolt saa energiansa 3000 kWh:n akusta, joka antaa sille toimintasäteeksi 100 mpk, minkä jälkeen se on ladattava uudelleen. (25.)



Kuva 1. DNV-GL:n suunnittelema ReVolt-konseptialus. (28.)

Lindborgin (9.) mukaan nykytekniikka antaa tällä hetkellä valmiudet täysin sähköllä toimivaan alukseen, jos merimatka on alle puoli tuntia. Esimerkiksi Bernardus-hinaaja on hybriditoiminnallinen. Hinaaja käyttää satama-ajossa pelkkiä akkuja nopeuden ollessa 0–4 solmua. 4–8 solmun nopeudella hinaaja tarvitsee mukaansa yhden generaattorin, jolle ajetaan virtaa dieselkoneistolla. Kun tarvitaan maksiminopeutta tai paaluvetoa, siirrytään käyttämään suoraan koneiston antamaa voimaa. Pyrkimys on tuoda hinaajan toimintaan vaihtoehtoisten energiamuotojen lisäksi ympäristöystävällisyyttä. Hinaaja on erittäin vähäpäästöinen 8 solmun nopeuteen asti. (29.)

Yksi vaihtoehto käyttöenergian muodoksi voisivat olla konttiakut, jotka antaisivat alukselle riittävän energiamäärän merimatkan suorittamiseen. Konttiakut vaihdettaisiin lastauksen yhteydessä seuraavassa satamassa uusiin. Miehittämättömällä aluksella

voi olla akkuja, joiden teho riittää viemään aluksen satamasta toiseen, ja jossa akut voidaan uudelleen ladata. (9.)

On kuitenkin otettava huomioon, että täysin sähköllä kulkeva rahtialus on todella kaukainen visio. Aluksen sähköntuottoon liittyvät hyödyt eivät ole tällä hetkellä relevantteja vaan tulevaisuudessa kehityksen onnistunut lopputulos.

Muun laitteiston tarve etäoperoidulla aluksella riippuu aluksen henkilöstömäärästä siirtymävaiheessa. Laitteistoa aletaan poistaa sitä mukaan, kun alus muuttuu lähemmäksi autonomista. Lopullisessa versiossa on tarkoitus karsia kaikki nyt henkilöstölle tarpeelliset laitteet, kuten ilmastointi, makea vesi ja valaistus. Huoltoon ja kunnossapitoon tarvittavat laitteet ja tilat tullaan silti säästämään mahdollisimman optimaalisella tavalla. (9.)

### 5.3 Navigointilaitteet

Miehittämättömän aluksen navigointi ja paikanmäärittäminen perustuu eri lähteistä saatuihin ja eri järjestelmää tukeviin tietoihin. Aluksen on tarkoitus määrittää itse paikkansa, ja etävalvomosta tarkkaillaan alusta GPS:n, Glonassin ja muiden menetelmien avulla. On tärkeää, että paikanmäärittämis- ja valvontatiedot saadaan eri lähteistä sekä itse lähteiden hakema tieto olisi redundanttinen eli kahdennettu, jolloin ei missään vaiheessa synny tilannetta, jossa laivan sijainti on epäselvä. Lisäksi etävalvomon paikanmäärittämissä järjestelmän on analysoitava ja äänestettävä eri satelliittilähteistä saatu paikkatieto varmaksi, jos epäselvyyksiä havaitaan. (14.)

Rolls-Royce on kehittänyt Ship Intelligence -kokonaisuuteen, uuden komentosiltakonseptin nimeltä oX (Operator Experience) yhteistyössä VTT:n sekä Aalto yliopiston kanssa (Kuva 2). Konsepti tunnistaa käyttäjän tämän saapuessaan sillalle ja muokkautuu käyttäjän omien tarpeiden mukaan antamalla esimerkiksi tietyn käyttäjän haluan datan näytölle ja säätämällä ohjailuyksikön hänelle ergonomisesti. Konsepti on luotu kaikkiin alustyyppeihin paitsi matkustaja-alusten etäoperointiin. Se on mahdollista tuoda jo siirtymävaiheen alussa miehittämättömiin aluksiin ja lopullisessa vaiheessa etäoperointikeskuksen simulaattoritiloihin. (9; 30; 31.)

oX-konseptista tekee mullistavan sen tarkoitus saada ohjailijoiden katse ulos eikä tuijottaa herkeämättä näyttöjä. Avustava grafiikka ja valittu osa näyttöjen datasta pystytään heijastamaan komentosillan ikkunoihin, jolloin katse suuntautuu ulos ja navigointia avustavan datan seuraaminen on helppoa ja miellyttävää sekä vähemmän riskialtista, kun ympäröivät olosuhteet havaitaan paremmin. Pyrkimys on saada parempi tilanetaju. Ikkunat toimivat ns. näyttöinä antaen kuitenkin esteettömän näkökentän ulos. Itse ohjailupaikalla on yhtä navigoijaa varten vain yksi näyttö, johon saadaan haluttua tietoa. Dataa, kuten pääkoneiden kierroksia ja reittitietoja, voidaan jakaa ohjailuysikkönäyttöön sekä komentosillan ikkunoihin. Käyttäjää voi itse muokata näytön omien tarpeidensa mukaisesti, mutta järjestelmä tuo myös itsenäisesti kriittisissä tilanteissa suoraan tarpeellisen datan näytöille ja ikkunoihin. Tulevaisuudessa juuri eri lähteiden data halutaan esittää yhdessä laitteessa. Vaikka ohjailuysikkössä on vain yksi näyttö, datan tuottavat laitteet eivät olisi integroitu yhteen, vaan toimisivat erillisinä yksikköinä, jolloin yhden vian ilmaantuminen ei kaataisi koko laitetta vaan toimintaa pystyttäisiin jatkamaan. Tämä on ensisijaista aluksen toimintojen jatkumiselle. Myöhemmin tässä työssä palataan tähän miehittämättömän aluksen yhteen tärkeimmistä asioista eli aluksen redundanttiseen järjestelmään. (9; 30.)



Kuva 2. Rolls-Roycen suunnittelema oX- komentosiltakonsepti heijastetulla grafiikalla. (32.)

Aluksen tutkat tulevat uudistumaan ollen tarkempia ja monipuolisempia. Mahdollista on, että konenäkö alkaa korvata tutkan käyttöä, koska tulevaisuudessa sitä pidetään tarkempina kuin tutka-aalloilla havainnointia. MUNIN-projekti on tehnyt paljon kehi-

tystyötä tutkapuolen nykyistä korkeampiin vaatimuksiin. Projektissa on kehitetty nk. SensorFusion-konseptijärjestelmä, joka sisältää erilaisia alus- ja esinehavaintotapoja. Siinä yhdistetään monia eri tekniikoita ja järjestelmiä, kuten tutka, AIS, satelliitti ja merikortit, joista kaikista piirtyy lopulta yhdestä laitteesta nähtävä optimaalinen kokonaiskuva. Itse havainnointilaite kuvassa 3 palvelee yksittäisenä navigointidatan lähteenä sekä tarjoaa navigointidatan automaattista arviointia. Tämän tyylinen havaintotapa on huomattavasti ihmissilmää ja tutkia tarkempi. MUNIN-projektin tiimoilta on tehty lupaavia kokeita edellä mainitulla tutkateknologialla siitä, kuinka havaita pieniä maaleja merestä hyvin kaukaa. (33.) Jo alusta lähtien miehittämättömän aluksen kehitystyön ratkaisut tutkapuolella pyrkivät olemaan lähelle lopullisia ratkaisutapoja (9).



Kuva 3. Advanced sensor module (33.)

Tällä hetkellä suurimpana esteenä komentosiltakonseptille on lainsäädäntö. Luokitustilauslaitos DNV-GL vaatii esimerkiksi tiettyjen mittarien esteetöntä näkemistä ohjailupaikalta. Esimerkiksi Rolls-Roycen oX-komentosiltakonseptissa yhden kosketusnäytön jakaa DP-järjestelmä ja propulsiojärjestelmä. Ajatuksena on, että joka järjestelmälle ei tarvitsisi olla omaa näyttöä. Tämä yksinkertaistaa ja helpottaa datan esittämistä ja sen tulkitsemista. (9.)



### 5.3.1 Merillä

Lindborgin (9) mukaan komentosiltakonsepti oX on mahdollinen 5–10 vuoden päästä, ja sitä voidaan käyttää kaikissa alustyypeissä. Etäoperointi ei tule koskettamaan tämänhetkisessä ajattelumallissa isompia matkustaja-aluksia.

Siirtymävaiheessa komentosilta tulee pysymään käytöltään samankaltaisena, kokien kuitenkin uuden konseptin tuomia uudistuksia, kuten teknologian tuomaa käyttömukavuutta ja älykkäämpää robotiikkaa. Rolls-Roycen ideana ja tarkoituksena olisi, että merikapteenit ja perämiehet ohjailevat liikenteessä olevaan alukseen asennettua oX-konseptin navigointiyksikköä ja saavat tietyn tuntimäärän ja kokemuksen ohjailusta. Tämän jälkeen heidän saamaansa kokemusta voidaan hyödyntää etävalvomokeskuksissa. Valvomossa on näin ollen henkilöstöä, jolla on kokemusta laivanohjailusta ja joka on saanut käyttökokemusta laitteistosta ja kokonaisymmärrystä miehittämättömistä aluksista. (9.)

Lopullisessa vaiheessa komentosillan merkitys on niin pieni, että sen rakentamista alukseen ei tarvita. Konenäöllä, -kuulolla ja eri lähteistä kootulla datalla voidaan luoda etävalvomon simulaattoritilaan täysin vastaava kokemus. Vaikka komentosiltaa ei ole, alukseen voidaan silti jättää pelkistetty ohjailuyksikkö, jolla alusta voidaan operoida. (9.)

### 5.3.2 Maissa

Kuten aiemmin mainittiin, maissa sijaitsevilla etävalvomoilla on simulaattoritiloja, joissa pystytään luomaan täysin identtinen kuva laivan sen hetkisestä tilasta. Lisäksi siirtymävaiheen aikana operointipuolen laitteisto niin aluksella kuin etävalvomossa vastaisi täysin toisiaan eli niillä luodaan identtinen kuva. Tämä helpottaisi myös laivapäällystön siirtymistä aluksilta etävalvomon samanlaiseen operointiympäristöön. Kun lopulta komentosilta tulisi tarpeettomaksi aluksilla, valvomon navigoijilla olisi käytännön kokemusta operoinnista. (9.) Tämä voisi olla myös kaikille valvomon tuleville ohjailusta vastaaville työntekijöille pakollinen käytännönharjoittelu.

Etävalvomokonseptissa konseptialuksen monitorointi on jaettu kahteen tasoon, globaaliin ja paikalliseen, jossa paikallisesta monitoroinnista vastaa VTS (Vessel Traffic Services). Sillä ei ole ohjailuvastuuta. Etävalvomokonseptissa samassa paikassa työ-

kentelisi globaali ja paikallinen valvonta sekä ohjaus. Globaalivalvonnan rajat ulottuisivat visiossa Pohjois-Euroopan alueeseen ja paikallinen valvonta Suomen länsirannikolle. Valvonta voisi alkaa myös monitoroimalla toimittajan kaikkia aluksilla olevia laitteita. Rolls-Roycen tapauksessa se valvoisivat kaikkia aluksia, joissa heidän laitteistoaan on. Yksi vaihtoehto on, että etävalvomokeskus ja sen toiminnot mahdollisesti jakaisivat toimitilat VTS:n kanssa muodostaen yhden valvontayksikön. Tarkoitus olisi hyödyntää jo olemassa olevaa infrastruktuuria. (9; 11.)

Simulaattoritilojen lisäksi etävalvomossa olisi suuret näytöt, jotka näyttäisivät alusten sijainnit ja reitit. Iso näyttö antaisi kokonaiskuvan senhetkisestä toiminnasta. Näytön edessä olisi monta työskentelypöytää, joissa yksittäisen aluksen toimintaa pystytään katsomaan. Työskentelypöytien määrä riippuisi etävalvomon suuruudesta. Niitä voidaan käyttää esimerkiksi reittisuunnitteluun ja laivan lastitilojen tarkasteluun. Pöydän keskelle voitaisiin tuoda käsin kosketeltava 3D-kartta, jossa laivan toimintaa pystytään seuraamaan. (9; 11.)

Kartta loisi sensorien ja luotainten avulla 3D-kuvan alueesta, jossa alus sillä hetkellä kulkee. Kuvan luominen pohjautuisi eri lähteistä kerättyyn dataan, aluksen omaan 3D-skannaukseen alueesta, karttapohjista ja satelliittijärjestelmistä saatuihin tietoihin. (9; 11.)

Visiointiin kuuluu myös ajatus, jossa käsin kosketeltavan 3D-kartan avulla voidaan tarkemmin määritellä laivan reitti esim. kapeikoissa ja kanavissa. Reitti voidaan työskentelypöydässä suunnitella ja pienoismallia käyttäen ohjata käsin. Tämä tieto voitaisiin ajaa alukselle, joka toteuttaisi etävalvomossa ohjatun reitin. Tilanne ei kuitenkaan vastaa simulaattoritiloissa tehtävää ohjausta. (9; 11.) Etävalvomon laitteisto tulee perustumaan miehittämättömän aluksen lailla redundanttisuuteen (9).

#### 5.4 Tiedonsiirto

Tiedonsiirrossa ei tällä hetkellä ole vielä selkeitä ratkaisuja ja keinoja siirtää suuria tietomääriä nopeasti ja tehokkaasti pitkien matkojen päähän, mutta siirtymävaiheen aikana teknologian kehitys tulee luomaan ratkaisut tälle asialle. (9.) Tulevaisuudessa tiedonsiirron sujuvuuteen ja kapasiteettiin on kehitteillä erilaisia ratkaisuja. Yksi vaihtoehto voisi olla miehittämättömien alusten välille muodostuva tietoliikenneverkosto. Aluksista tulee tiedonsiirronkeskuksia, jotka myyvät tiedonsiirtokapasiteettiaan muille

tahoille. Alukset voivat myös tätä kautta muodostaa tietoliikenneverkon niin, että tietons. peilautuisi laivojen kautta maihin. Tällä alusten välille muodostuvalla tietoliikenneverkostolla on tulevaisuudessa suuri markkina-arvo. (9.)

Lopullisessa vaiheessa tiedonsiirto aluksen ja etävalvomon välillä olisi mahdollisimman verkkoa kuormittamaton. Tiedonsiirtopaketteja olisi kaksi. Lyhyin aikavälein saapuva redusoitu HELLO ALIVE -ilmoitus alukselta, joka kertoisi aluksen yleisen tilan ja hieman harvemmin saapuva suurempi ja kattavampi tietopaketti aluksen toiminnoista, kuten konetiedoista ja sijainnista. (9.) Tiedonsiirtoon ja sen riskeihin palataan tarkemmin osiossa 9.1.5.

## 5.5 Radioliikenne ja VTS

Miehittämättömän aluksen radioliikenteen hoitaa etävalvomo ja siellä kommunikaatiosta vastaava henkilö. On todennäköistä, että radioliikenne tulee automatisoitumaan tulevaisuudessa. Keskuksessa komento voidaan kirjoittaa tai kertoa, minkä jälkeen välitys aluksille tapahtuisi konekielellä. Miehittämättömän aluksen lopullisessa vaiheessa alus voisi ilmoittaa itse konekielellä ja viesteillä läheisille aluksille omista tarkoituksistaan ja antaa satamaa lähestyttäessä tarvittavat tiedot. (9.)

Kommunikoinnista tulee selkeämpää ja tarkempaa. Nykyisin ongelmana kommunikoinnissa on vahtiperämiesten kielitaidon taso. Aksentteja on erilaisia, ja radion avulla kuultu ilmoitus jää usein hieman epäselväksi. Tarkat ja tekstimuodossa olevat ilmoitukset ovat helpompia ymmärtää eikä epäselvyyksiä juurikaan synny. Jos tilanne kuitenkin vaatii puhekommunikointia, radioliikenne yhdistetään etävalvomoon. (9.)

VTS (Vessel Traffic Services) on alusliikennepalvelu, joka valvoo ja ohjaa alusliikennettä ja reagoi muuttuviin liikennetilanteisiin (34). VTS:n toiminta riippuu paljolti siitä, millaiseksi etävalvomo muodostuu tulevaisuudessa. Jos etävalvomo huolehtii maantieteellisestä alueesta, hoitaisi se VTS:n toiminnan sekä laivojen monitoroinnin. Toinen vaihtoehto on, että VTS toimisi etävalvomossa työskentelevien laivanoperoijien valvojina erillisessä yksikössä. VTS:n toimenkuva alusliikenteen valvojana pysyisi ennallaan. (9.)

## 5.6 Lastin valvonta

Rolls-Roycella ei ole selvää kuvaa tavasta, jolla lastin valvonta voitaisiin suorittaa niin aluksella kuin etävalvomossa. Se ei myöskään ole heidän osaamisaluettaan, ja tulevis-  
sa konseptialuksissa lastitilat suunnitteleva yhtiö keskittyy sen tuomiin ongelmiin ja etsii niille sopivat ratkaisumallit. Ajatuksena kuitenkin on, että tulevaisuudessa kon-  
teista ja lastitiloista tulee älykkäämpiä kehittyneen anturoinnin ja valvontamittariston  
ansioista. Kehittynyt mittaristo ja välineistö yhdistettynä aluksen redundanttiseen jär-  
jestelmään takaavat tarkemman ja laajemman monitoroinnin, jonka valvonta maista on  
tarkempaa ja tehokasta. Ongelmien sattuessa lastitilojen segmentointi on tehokas kei-  
no välttää suurempaa vahinkoa. Esimerkiksi lastitilassa syttyvä tulipalo voidaan sam-  
muttaa suihkuttamalla hiilidioksidia tulipalotilaan, jolloin hapen poistaminen tilasta  
sammuttaa palon. CO<sub>2</sub>:n käyttö on turvallista, kun aluksella ei ole miehistöä. Siirty-  
mävaiheessa hiilidioksidin käyttö suljetuissa lastitiloissa hätätilanteissa on myös mah-  
dollista, joskaan ei yhtä ongelmatonta kuin lopullisessa vaiheessa. (9.)

## 6 HENKILÖSTÖ JA RESURSSIT

### 6.1 Aluksen käyttöönotto

Siirryttäessä kokonaan etäoperoituun alukseen, käyttöönotto olisi tehtävä portaittain ja  
erittäin varovaisin askelin, varmistaen jokaisen alueen toimivuus ennen lopullista toi-  
mintaa. Ensimmäinen ja toinen vuosi pitäisi sisällään laitteiden yksilöllistä testausta,  
niiden käyttöönottoa ja alituista harjoittelua. Toisena ja kolmantena vuotena siirryttäi-  
siin enemmän operatiiviseen toimintaan ja vaativampiin testauksiin. Lopullinen käyt-  
töönotto voi olla vielä tätäkin suunnitelmaa hitaampi ja vaatia eri olosuhteissa pidem-  
piä testaus- ja käyttöaikoja. Puoliautomaattisilla aluksilla tulee olemaan omat käyt-  
töönottoajat ja täysin automatisoiduilla aluksilla omansa. Tiellä kohti täyttä autonomi-  
aa puoliautonomiset alukset testaavat jo suurta osaa laitteistosta ja tuovat ratkaisut lä-  
hemmäksi lopullisia laitteistoratkaisuja. Esimerkiksi Rolls-Royce-yhtiöllä on kaikille  
uusille tuoteratkaisuilleen tietty vaihe, jolloin kerätään käyttökokemusta sekä tietoa  
ennen kuin ratkaisut lopulta menevät yleiseen myyntiin. (9.)

## 6.2 Henkilöstö merellä

Siirtymä- ja testausvaiheessa aluksen henkilöstömäärä riippuu siitä, mitä osia aiotaan siirtää etäoperointiin. Todennäköistä on, että testausvaiheessa henkilöstöä on niin komentosillalla kuin muuallakin aluksella. Siirtymävaiheessa aluksella todennäköisesti on komentosilta sekä mahdollisesti myös töijäyskannet. Siirtymävaiheessa alukselle voidaan myös tuoda kiinnityshenkilöstö, jonka tehtävä alkaa vasta aluksen saapuessa lähelle määränpäättä. Henkilöstö voitaisiin tuoda esimerkiksi luotsikutterilla alukseen, ja osa henkilöistä huolehtisi navigoinnista ja osa kiinnityksestä. (9.)

Mitä kauemmas tulevaisuuteen mennään, sitä tarkemmin voidaan arvioida onko täysin miehittämätön alus mahdollinen. Uskoisin, että säädösten määrittämä minimimiehitys, kolme henkilöä, tulee olemaan realistinenkin vaihtoehto rahtialuksissa, jossa etäoperointi tarkoituksessa aluksella on miehistöä. Yksi henkilö voi robotiikan tulon vuoksi hoitaa yhä laajempaa aluetta ja laitteistoja.

Yhtenä vaihtoehtona siirtymävaiheessa olisi pelkästään luotsin nousu alukseen, jonka manuaaliohjausasemasta hän ohjaisi aluksen satamaan. Hinaajien ottaessa etäoperoidun aluksen hinaukseen tietystä pisteestä ennen satamaan tuloa luotsia ei tarvita. (9.) Luotsin mahdollisiin toimenkuviin palataan myöhemmin miehittämättömän aluksen satamaoperointisuunnitelmissa.

## 6.3 Etävalvomo

Etävalvomon työtehtävät on suunniteltu jaettavaksi seitsemään eri työnkuvaan, joissa työskentelisi merenkulun asiantuntijoita ja muita erityisosajia. Etävalvomo tulisi työllistämään suurimmaksi osaksi sekä silta- että konepäällystä. Järjestelmä olisi hierarkkinen alkaen kommodorista sekä varakommodorista. He, aluksen päällikön lailla, johtavat etävalvomoa ja ovat viime kädessä vastuussa sen toiminnasta. Heillä olisi laaja merenkulun asiantuntemus ja aina viimeinen sana. (9; 11.)

Toinen työtehtävä olisi reittisuunnittelija (reitittäjä). Hän suunnittelee optimaalisen reitin alukselle ottaen huomioon sääolosuhteet, polttoaineen kulutuksen optimoinnin ja satamien väliset lastinsiirrot. Hän olisi läheisessä yhteistyössä sääanalyytikon kanssa ja ilmoittaisi aina päätöksestä kommodorille. (9; 11.)

Kommunikaatioupseeri vastaa monitoroitavien alusten radioliikenteestä ja on yhteydessä miehitettyihin aluksiin ja muihin viranomaisiin. Hän myös huolehtii avun saannista miehittämättömälle alukselle tilanteen sitä vaatiessa. (9; 11.)

Konepuolen tehtävistä huolehtisi mahdollisesti konepäälliköstä, konemestareista ja sähkömestarista koostuva tiimi, jonka tehtäviin kuuluu koneiden valvonta mittariston ja antureiden ja mahdollisesti ääniyhteyden avulla. He voivat myös ohjeistaa huoltohenkilöstä aluksen korjauksissa. (9; 11.)

Paikallisilla asiantuntijoilla olisi tietämystä paikallisista olosuhteista, kuten vaikeasti navigoitavista kapeikoista ja reiteistä. Tehtävään sopisi esimerkiksi luotsi. (9; 11.)

Vallitsevien säätilojen kartoittamisen hoitaisi sääanalyttikko etsien optimaalisimman reitin alukselle tehden yhteistyötä reittisuunnittelijan kanssa. (9; 11.)

Riskianalyttikon tehtävänä olisi kartoittaa reitin varrella esiintyviä riskejä, kuten mahdolliset sotatilat alueella ja muut riskit niin maailmanlaajuisesti kuin paikallisesti. Hän huolehtisi asianmukaisten säädösten noudattamisesta ja päivittäisen operoinnin sujuvuudesta. (9; 11.)

Henkilömäärät eri toimenkuissa voivat vaihdella, johtuen tietyn valvomon monitorimien alusten määrästä ja siitä, millaiseksi lopullinen etäoperointikeskus muotoutuu. Etävalvomo voi vastata esimerkiksi tietystä varustamon laivastosta tai maantieteellisestä alueesta. Maantieteelliset valvomot voisivat esimerkiksi keskittyä suurten satamien lähettyville ja alueet olisi rajattu samaan tyyliin kuin VTS-alueet nykyään. (9.)

#### 6.4 Huolto ja kunnossapito

Huollon ja kunnossapidon tärkein osa miehittämättömän aluksen toiminnassa on ennaltaehkäisy ja koneiston itsediagnostiikka. Lindborgin (9) mukaan tällä hetkellä öljynporaustaivoilla normaali telakointiväli on viisi vuotta. Jos laivaan on asennettu ennakoiva huoltojärjestelmä, joka tarkkailee ja diagnosoi koneistoa, saadaan telakointiväli kasvatettua seitsemään vuoteen. Alus saa tällä ratkaisulla kaksi vuotta lisääaikaa. Ennakoiva huoltojärjestelmä pitää sisällään tarkempia mittareita, kuten värähdysantureita, jotka ilmoittavat osien toiminnasta valvomokeskukseen. Tulevaisuudessa tämä tulee olemaan merkittävässä roolissa, sillä laitteiston diagnostiikka ja sen tarjoama da-

ta analysoidaan maissa, ja tarkkailtavat osat voidaan vaihtaa jo ennen kuin ne lopullisesti hajoavat. Osa voidaan tilata jo aluksen merimatkan aikana kohdesatamaan, jossa asentajat ovat valmiina vaihtamaan sen purun ja lastauksen aikana. Ennaltaehkäisevä huolto ja seuranta vähentävät konevikoja ja hajoamisia laitteistossa sekä tuovat aluksella tehtävät työt maihin. Lisäksi valitulla polttoaineella on tulevaisuudessa suuri merkitys huoltoväleihin aluksilla. (9.)

Siirtymävaiheessa aluksella on mahdollisesti mukana huoltotiimi, joka tarkkailee koneiden toimintaa. Kuten myös ensimmäisillä rannikonläheisyydessä tehtävillä matkoilla, huoltotiimi olisi valmiudessa siirtymään alukseen, jos tilanne sitä vaatisi. Lopullisessa vaiheessa kaikki normaali huolto ja kunnossapito tapahtuvat satamissa luokun ottamatta hätätilanteita ja yllättäviä ongelmia. (9.)

## 6.5 Laivan ja laitteiston ikääntyminen

Isot huoltovälit tulevat vähenemään. Tulevaisuudessa vuosittain tehtäisiin perusteellinen huolto, jossa koneet avataan, kuluneet osat vaihdetaan ja ongelmaosat tarkastetaan. Vuosihuoltojen aikana sekä tarpeen vaatiessa hoidettaisiin myös perusteelliset maalaukset ja muut ulkoiset kunnossapidot. Työt voisi hoitaa ulkoinen kunnossapitotiimi, joka vastaisi tiettyjen alusten huollosta. Tiimit voisivat koostua merillä työskennelleistä henkilöistä. Konepuolen huollot hoitaisivat konemiehet, moottorimiehet ja osa päällystöstä. Aluksen ulkoiset kunnossapitotoimet olisivat matruusien ja muiden merenkulunammattilaisten hoidettavana. Vuosittain tehtävät huollot sekä alukseen asennettu ennaltaehkäisevä järjestelmä parantavat laitteiston toimivuutta tulevaisuudessa. (9; 14.)

## 7 VARAJÄRJESTELMÄT

Varajärjestelmien tärkeys on miehittämättömällä aluksella ensisijainen. Kaikissa laitteissa on oltava jonkinasteinen varajärjestelmä. Tärkein asia laitteiston toimivuuden takaamiseksi on sen redundanttisuus. Redundanttisen järjestelmän lisäksi osa laitteistosta pitäisi olla myös fyysisesti kahdennettu. (9.)

Lähtökohtana on, että kaikki vikaantuminen johtaa turvalliseen toimintaan. Mikään vika ei saisi kaataa koko järjestelmää, vaan järjestelmä olisi suunniteltava niin, että se pystyisi aina kompensoimaan ongelman ja kykenisi jatkamaan toimintaansa. (9.)

*Redundanttinen järjestelmä on järjestelmä, jossa rinnakkaisia yksiköitä on enemmän kuin halutun toiminnon suorittaminen edellyttää, eli yhden yksikön vioittuminen tai huolto ei vaaranna järjestelmän toimintaa. Järjestelmä sisältää esimerkiksi  $n + 1$  yksikköä, joista  $n$  yksikköä riittää suorittamaan halutun toiminnon. (35, 7.)*

Redundanttisuudella voidaan tarkoittaa laitteen fyysistä kahdentamista, datalähteen kahdentamista tai kokonaista erillistä järjestelmää tai ohjelmaa, jonka tarkoitus on suorittaa alkuperäisen laitteiston toiminto. (9.)

Varajärjestelmä ei aina ole alkuperäisen järjestelmän kopio, vaan se voi olla myös korvaava, toiminnaltaan täysin erilainen järjestelmä, joka täyttää saman funktion mutta eri keinoin. Ongelma, joka kaataa ensisijaisen järjestelmän, ei kaataisi korvaavaa järjestelmää. (9.)

Tärkeintä redundanttisella järjestelmällä on juuri sen varmuus. Operointi säilyy viasta huolimatta. Järjestelmä tiedostaa vian ja käyttää muita keinoja ylläpitämisessä. Samankaltaiseen varmuuteen pyrkii DP-luokittelu (Dynamic positioning). Se on kolmeen luokkaan jaettu turvallisuusvaatimus. Ensimmäinen luokka ei ole redundanttinen, ja yksi vika voi kaataa koko järjestelmän. Toisessa luokassa yksi vika ei kaada koko järjestelmää, ja kolmannessa luokassa on oltava kaksi eri järjestelmää, joilla on erilliset varajärjestelmät, eli kolmesta viasta huolimatta järjestelmä ei kaadu. (36.)

Dynamic positioning 3 luokan vaatimuksena on esimerkiksi se, että aluksen menettäessä pääkoneen, se ei saa vaikuttaa millään tavalla laivan ohjailuun. Aluksella on oltava kolme pääkonetta ja järjestelmän on allokoitava laitteiden käyttö, eli aina on jätävä tietty määrä resursseja toiminnon ylläpitämiseksi. Täysi toiminnan pysäyttäminen vaatisi DP-3 luokassa näin ollen kolmen pääkoneen menetyksen. Samankaltaista toimivuutta on tulevaisuudessa saatava miehittämättömälle alukselle. DP3- tason turvallisuusvaatimukset tulevat olemaan alin taso, joka miehittämättömältä alukselta vaaditaan. (9.)

## 7.1 Koneet

Itsediagnostiikka tulee kehittymään paljon tulevaisuudessa; järjestelmät kehittyvät älykkäämmiksi ja itsetietoisemmiksi. Kuten edellisessä osiossa mainittiin, kone ei saisi missään vaiheessa lamaantua vaan viallisesta toiminnosta huolimatta pystyisi jat-



kamaan toimintaansa. Kone ns. korjaisi itsensä. Ihmisen toimesta mallintamisen sekä ohjelmoimisen avulla saadaan kone täyttämään sille vaaditut toiminnot. Tämä lisää varmuutta ja tulee olemaan keskeisessä roolissa miehittämättömien alusten koneistoissa. Tulevaisuudessa koneet analysoivat omaa toimintaansa, oppivat omasta toiminnastaan ja oppivat jatkamaan toimintaansa mahdollisista vioista huolimatta. (9.)

Tällä hetkellä useissa rahtialuksissa on vain yksi potkuri. Miehittämättömällä aluksella potkureita olisi oltava kaksi, ja sähkönsyöttö potkureille pitäisi olla eroteltu kahteen täysin erilliseen järjestelmään. Häätätilanteessa, kuten propulSION menettämisessä, sähkönsyöttö voitaisiin turvata edes toiselle akselille ja hätäohjausta silti suorittaa. (9.)

Vaikka redundanttisuus ehkäisee koko järjestelmän kaatumisen, olisi aluksella silti oltava sähköisesti täysin erillinen varajärjestelmä. Blackout-tilanteessa tämä erillinen varajärjestelmä päälle kytkeytyisi ja suorittaisi ohjatun hätätoimenpiteen, kuten paikallaan pysymisen. Toiminnot tähän erilliseen varajärjestelmään olisi supistettu ja niiden päätarkoitus olisi pitää alus hengissä kunnes apu järjestelmän korjaamiseksi saataisiin. (9.)

## 7.2 Navigointi

Kuten varajärjestelmät-osion alussa todettiin, DP3-tason turvallisuusvaatimukset tulevat olemaan alin miehittämättömältä alukselta vaadittava taso. Ohjausjärjestelmän on oltava aina kolminkertaistettu. (9.)

Kaikki navigointiin liittyvät yksiköt olisivat vähintään kolminkertaistettuja, kuten esimerkiksi ajovalot. Miehittämätön alus voisi ilmoittaa radioliikenteen lisäksi merkkikuvioilla, -valoilla ja -lipuilla omista aikomuksistaan ja siitä, että alus on miehittämätön. Merkinannoille sopivin vaihtoehto voisi olla tietty merkkikuvio, valot, radioliikenneilmoitukset ja AIS-tiedot aluksesta. Lippuja miehittämätön alus ei mielestäni tarvitse.

Järjestelmän kokiessa matkan jatkumisen estävän ongelman alukselle olisi ohjelmoitu ennalta määritetty toiminto, jonka se suorittaisi. Näitä toimintamalleja olisi erilaisia riippuen aluksen paikasta tai ongelman luonteesta. Toiminnot olisivat esimerkiksi paikallaan pysyminen ja ankkurointi. Jos varajärjestelmä voi palauttaa ohjailun, mutta

etäoperoinnissa ilmenee silti ongelmia, alus voisi navigoida tiettyyn pisteeseen, josta sille tarjotaan apua ja vialliset toiminnot korjataan. (9.)

## 8 HYÖDYT JA SÄÄSTÖT

### 8.1 Hyödyt

Miehittämättömän aluksen hyödyt voidaan jakaa karkeasti neljään osioon: turvallisuuteen, ympäristöhyötyihin, sosiaaliseen hyvinvointiin sekä taloudellisiin hyötyihin ja säästöihin, joita eritellään tarkemmin osiossa 8.2 (6).

Autonomisella ohjailulla turvallisuus tulee paranemaan. MUNIN-projektissa on tutkittu, että 75 % onnettomuuksista johtuu inhimillisistä virheistä, joista suurimman osan aiheuttaa väsymys ja huomion puute. Pitkien päivien jälkeen miehistö on liian väsynyt pitääkseen riittävää tähystystä ja vahdinpitoa yllä. (6.)

Uuteen polttoaineeseen siirtyminen, eri vähäpäästöisten energialähteiden tuominen alukselle ja osiossa 3.4 mainittu alusten hitaampi eteneminen (slow steaming) ovat askel lähemmäs ympäristöystävällisempää merenkulkua. Kaikki polttoainetta vähentävät säästöt johtavat pienempiin kasvihuone- sekä rikki- ja typpipäästöihin. Tämä on nykyistä ympäristöystävällisempi tapa. (6; 7.)

Sosiaalisen hyvinvoinnin hyöty on merkittävä. Nuoria merenkulkijoita on vaikea saada kiinnostumaan merenkulusta, koska olosuhteet merillä ovat usein rankat ja työjaksot pitkiä. Etävalvomossa työskentely on turvallista ja miellyttävää. Perheen luota ei tarvitse olla poissa pitkiä aikoja. (6; 7.)

### 8.2 Säästöt

#### 8.2.1 Rakenteelliset hyödyt ja suunnittelusäästöt

Alukset voidaan rakenteellisesti suunnitella kestämaan kovatkin myrskyt. Kuten kuva 4 osoittaa, jos asuintilat ja nk. hotel-load poistetaan, aluksesta tulee putkimainen ja tiiviiden lastitilojen myötä alus kestää kovaakin rullausta ongelmitta. Piratismiin näkökulmasta alus voidaan suunnitella turvalliseksi, ettei nk. kannelle nousua voi tapahtua eikä mahdolliseen toimintakeskukseen päästä käsiksi. (9.)



Kuva 4. Rolls-Roycen visio miehittämättömästä konseptialuksesta. (32.)

Lisäksi alusten lastinottokapasiteetti tulee kasvamaan reilusti. Suurempien lastien kuljettaminen nostaa aluksen markkina-arvoa. Tämä yhdistettynä pienempään polttoainenkulutukseen, jota eritellään osiossa 8.2.2, parantaa kokonaistaloudellista hyötyä. (9; 15.) Osiossa 5.2 kerrottu akkujen käyttö aluksen energianlähteenä tulisi pienentämään myös laitteiston huoltokustannuksia verrattuna nykyaikaisen dieselmoottorin tuomiin huoltokustannuksiin. (25.)

Osiossa 5.4 kerrottiin, että tulevaisuudessa alukset voivat keskenään muodostaa tietoliikenneverkoston ja myydä omaa kaistaansa sitä tarvitseville. Tämän lisäksi alukset voivat tarjota sääasemille tarkkaa paikallista säätilaa ja muita aluksen ympärillä vallitsevia olosuhteita. Mitä älykkäämpi aluksesta tulee, sitä enemmän se pystyy keräämään tietoa ja sitä enemmän sen markkina-arvo kasvaa. Tämä luo uusia liiketoiminnan mahdollisuuksia ja antaa huomattavaa taloudellista hyötyä. (9.)

### 8.2.2 Henkilöstö- ja polttoainesäästöt

Rolls-Roycen Marinen teettämän Drewry-raportin mukaan miehistökustannukset vuonna 2010 olivat 31–36 % irtolastialuksen käyttökustannuksista tai noin 10 % matkakuluista (7).

Aluksen sähkönkulutus ja tarve tulevat pieneneään monilta osin. Lopullisessa vaiheessa kaikki miehistön elinolosuhteita ylläpitävät sähkölaitteet ovat tarpeettomia, joten niitä ei asennettaisi aluksille ollenkaan. Näitä on esimerkiksi koneellinen ilmastointi ja saniteettijärjestelmä. (9.)

Drewry-raportista selviää myös, että kun alus suunnitellaan virtaviivaiseksi, saadaan tuulipinta-alaa vähennettyä poistamalla deckhouse-rakennelma. Tuulen vaikutus, kuten myös deckhouse-rakennelman poistuminen, vähentävät polttoaineen kulutusta 12–15 %:lla tavallisella matkalla. Kun polttoaine vie noin 40 % matkakustannuksista, 12–15 % polttoainevähennys laskee matkakuluja 6 %:lla. Näin ollen henkilöstösäästöt osiossa 8.2.3 mukaan luettuna matkakulut vähenevät yhteensä noin 16 %. Tämä tarkoittaa tavalliselle irtolastialukselle 700 000 dollarin säästöjä vuodessa, olettaen, että alus operoi merillä 2/3 vuodesta. Lisäksi miehistökulujen poistuessa alus voi ottaa käyttöönsä tavoiteosiossa 3.4 kerrotun hitaan etenemisen. Konservatiiviset arviot hitaasta etenemisestä säästävät polttoainetta noin 20 %. Tämä toisi kokonaismatkakustannussäästöt noin 24 %:iin. On kuitenkin huomioitava, että hidas eteneminen ei ole aina toteuttamiskelpoinen johtuen aluksen kuljettamasta lastista sekä mahdollisista kustannusvaikutuksista tarvittavaan kalustoon. Tilanne on arvioitava tapauskohtaisesti. (7.)

On huomioitava, että tulevaisuudessa on tehtävä laskelmat ja verrattava etävalvomon ja uuden teknologian kustannuksia osioissa 8.2.3 ja 8.2.4 mainittuihin säästöihin kunnes lopullinen säästövertailu on mahdollista suorittaa (7).

## 9 RISKIT JA ONGELMAT

Alla olevissa riskeissä on käytetty esimerkkeinä Suomen ja Englannin aluevesillä ja lipun alla seilaaville aluksille tapahtuneita onnettomuuksia vuosilta 1997–2014, sähkövioissa vuosilta 1994–2011. Esimerkeillä haetaan ymmärrystä siitä, kuinka todennäköisiä onnettomuudet ovat. Osioissa ei kerrota, kuinka monta alusta on seilannut näiden vuosien aikana ja verrata näitä eri onnettomuustyyppeihin, vaan tarkoitus on antaa kuva siitä, kuinka yleisiä esimerkiksi tulipalot tai karilleajot ovat merenkulussa. Tarkastelussa on lisäksi huomioitu vain rahtiliikennealukset, joita suunniteltu miehitämättömyys koskee. Onnettomuuksien kokonaismäärään on laskettu kaikki alustyyppit.

## 9.1 Häätätilannehallinta

### 9.1.1 Tulipalo

Suomen Onnettomuustutkintakeskuksen sivuilta saadun tiedon mukaan vuosina 1997–2014 on Suomen aluevesillä ja Suomen lipun alla purjehtiville aluksille kirjattu 2 rahtialuksille sattunutta tulipaloa (37). Marine Accident Investigation Branch – eli MAIB tutkii Englannin aluevesillä sekä lipun alla purjehtiville aluksille tapahtuneita onnettomuuksia. MAIB:n tietoihin on kirjattu vuosina 1997–2014 8 rahti- ja tankkialusta koskevaa paloa (6 tulipaloa, 2 räjähdystä) sekä 1 offshore-tukialukselle sattunut palo. (38.)

Kaiken kaikkiaan tulipaloja on Suomen aluevesillä ja lipun alla edellä mainittuina ajankohtina tapahtunut 12 ja Englannin aluevesillä ja lipun alla 37. (37; 38.) Tiedoista käy ilmi, että suurin osa paloista on tapahtunut muilla aluksilla kuin rahtilaivoilla. Tämä on mielestäni huomionarvoinen seikka, sillä meriliikenteessä suurin osa aluksista on rahtilaivoja. Nämä seikat huomioiden puhutaan alustavasti rahtilaivojen pienestä tulipaloriskistä. Oletettavasti inhimillisellä tekijällä on osuutta asiaan. Yhteensä tulipaloja on esimerkkimaista näinä 17 vuotena kirjattu 49, joista 11 on sattunut rahtialuksilla, eli yhden kerran 18 kuukaudessa (37; 38).

Miehistön poistuminen alukselta tuo monia mahdollisuuksia torjua tulipaloja. Järkevin vaihtoehto olisi hiilidioksidisammutusjärjestelmä. Tilaan, jossa on tulipalo, suihkuteetaan CO<sub>2</sub>:a, joka syrjäyttäisi hapen ja sammuttaisi palon. Redundanttinen mittaristo, kriittisissä antureissa kahdentaminen ja kamerat sekä sensorit kertoisivat, milloin palo on täysin sammunut ja vaara ohi. Satamassa palotarkistuksen ja Damage-kontrollin voisi suorittaa ammattihenkilöstö. (9.)

Redundanttinen järjestelmä ja kriittisten antureiden kahdentaminen on ehdoton vaatimus palontorjunnan suunnittelussa. Tulevaisuudessa järjestelmän toimivuus ja tilannetietous on taattava häiriöistä huolimatta. Eli esimerkiksi kriittiset anturit ja niistä lähtevät tiedonsiirtokaapelit olisi kahdennettu, ja kaapelit kulkisivat eri puolilla alusta tiedonsiirtokeskukseen. Vaikka palo tuhoaisi osan antureista tai osaan antureista tulisi häiriö, olisi jäljellä silti keino selvittää tilanne aluksella. Lisäksi on todennäköistä, että tulevaisuudessa riskien minimoimiseksi kahdentaminen tullaan tekemään aluksen kaikille antureille. (9.) Lastitiloista ja muista mahdollista palovaarallisista tiloista voisi

tehdä tiiviitä ja peräti hermeettisiä. Jos lasti tarvitsee ilmastointia, se voitaisiin etävalvomosta tulipalon sattuessa kytkeä pois päältä ja sulkea alue.

Tulipalot aluksilla liittyvät usein polttoainejärjestelmiin ja polttoaineeseen. Akkujen tulo aluksille pienentäisi näin ollen tulipaloriskiä, kun polttoainetta käyttävät laitteistot olisivat poissa. On kuitenkin huomioitava, että sähköpalot, kuten virtapiikeistä aiheutuneet palot, ovat mahdollisia. (39.)

Miehittämättömien alusten yhtenä perusvaatimuksena tulee todennäköisesti olemaan Safe Return To Port, jossa aluksen tulee selviytyä vuodosta tai tulipalosta tietyn suuruisilla alueilla ja kyetä navigoimaan vielä sen jälkeen turvallisesti satamaan (9; 40, 10).

### 9.1.2 Sähkövika

Sähkövioissakin turvaudutaan etäoperoiduissa aluksissa järjestelmän redundanttisuuteen. Tulevaisuudessa olisi suunniteltava täysin aluksen tavallisesta sähköverkosta riippumaton ja erillinen sähköä tuottava järjestelmä. Aluksen kokiessa suuria sähköongelmia tai menettäessä koko järjestelmänsä sähköt, kytkeytyisi tämä, karsittu mutta kaiken tarpeelliset hätätoiminnot kattava, varajärjestelmä päälle. (9.) Operatiivinen jatkuvuus pitäisi olla perusedellytys huolimatta laitteiston kokemista sähköongelmista, kuten tärinästä irronneesta johdosta, oikosuluista tai koko ensisijaisen järjestelmän kaatumisesta.

Alustyypeistä riippumatta sähköjärjestelmät ovat samanlaisia, ja niissä esiintyy samantyyllisiä ongelmia. Kaapelipalot ja virtapiikit ovat yleisiä sähköongelmia. Näiden suojaus on saatava varmaksi. Kuten tulipalo-osiossa mainittiin, antureiden lisäksi myös kaapelien reittejä on jaettava eri puolille alusta. Suuret kaapeliniiput ovat vaarassa tuhoutua, jos yhdessä sen osassa tapahtuu vikaantuminen. (39.)

Suomen Onnettomuustutkintakeskuksen tiedoista (41) ei ilmene onnettomuuksia, jotka ovat johtuneet pelkästään sähköviasta ja johtaneet toiseen onnettomuuteen, kuten karilleajoon tai pohjakosketuksiin. Näihin onnettomuuksiin palataan hätätilannehallinnan myöhemmissä osioissa. MAIB:n tietoihin on kirjattu 3 rahtialuksille vuosina 1994–2011 sattunutta sähkövikaa, joista jokainen on johtanut runkoon kohdistuneeseen hasardiin (38).

Kaiken kaikkiaan Englannin aluevesillä ja lipun alla on kirjattu vuosina 1994–2011 5 sattunutta sähkövikaa, joista rahtialuksille 3, eli karkeasti määriteltynä yksi sähkövika johtunut onnettomuus 68 kuukaudessa (38).

### 9.1.3 Konevika

Konepäällikkö tarkkailee koneiston toimintaa aistiensa avulla aluksen konevalvomossa. Tätä aistienvaraista havainnointia ei pystytä täysin koneistamaan. Rolls-Royce on suunnitellut Sound Loop -toimintoa, jolla samankaltaisten koneiden ääniä ja konehuoneen toimintaa voitaisiin kuunnella etävalvomossa ja havaita poikkeamia. Sound Loopin lisäksi aluksen pääkoneet olisi varustettu hyvällä itsediagnostiikalla, mahdollisesti tärinäantureilla ja muulla kattavalla mittaristolla. (9.)

Siirtymävaiheessa aluksella on vielä konemestareita ja muuta koneosastoon kuuluvaa henkilöstöä, jotka valvovat koneiden toimintaa. Kun tarpeellinen varmuus konehuoneen toiminnasta on saatu, voidaan valvonta siirtää maihin. Jo nyt meillä on aluksilla valvomattomia konehuoneita, joissa tehdään tietyin väliajoin tarkastuksia laivan henkilökunnan toimesta. Tulevaisuudessa nämä tarkastukset voitaisiin tehdä etävalvomosta ja tarvittavat fyysiset tarkastukset satamassa. (9.)

Yksi esimerkki konehuoneen ongelmista, joissa tarvitaan ihmisen läsnäoloa, on pääkoneiden jäähdytysvedenottojärjestelmä. Jos alus ajaa esimerkiksi suureen silliparveen ja jäähdytysvedenottoaukot menevät tukkeeseen, tarvitaan paikan päällä henkilöstöä suorittamaan tukoksen poisto painepesulla. Tässä asiassa korostuu jo opinnäytetyössä esille tuotu asia eri alojen eksperttien tärkeydestä löytää oman alansa ongelmat ja löytää näihin ratkaisut ennen lopullista vaihetta. Jäähdytyksenottoon tulevaisuudessa on siis keksittävä uusia ratkaisuja, joilla kyseinen riski pystytään minimoimaan. Esimerkkeinä näistä voisivat olla koneellinen puhdistus tai täysin uudenlainen jäähdytysvedenottojärjestelmä. Varajärjestelmät-osiossa 7 mainittu redundanttisuus ja aluksen yllättävien ongelmien kompensointi nousee tässäkin tärkeään osaan. Jos jäähdytysvedenotto katkeaa, alus ei suinkaan ajaisi toimintoa ja koneistoa alas vaan pyrkisi ylläpitämään toiminnot käyttämällä muunlaista jäähdytysmetodia koneille tai ajamalla pienemmällä kuormalla. (9.)

Konehuoneessa nykyisin esiintyvät ongelmat liittyvät usein polttomoottoreihin ja näiden ylläpitoon ja toimivuuteen liittyviin laitteistoihin (39). Akkujen käyttöönotto pienentäisi huomattavasti konehuoneen ongelmia ja vikoja, joissa ihmisen läsnäolo on vielä ensisijaista. Separaattorien ja muiden polttoainetta käyttävien laitteiden ongelmat katoisivat tässä skenaariossa kokonaan. Tämä on kuitenkin pitkän tähtäimen hyöty ja vartenotettavissa vasta kun akkujen käyttäminen aluksen energianlähteenä on optimaalista ja tehokasta.

Suomen Onnettomuustutkintakeskuksen tiedoista ilmenee, että vuosina 1997–2014 on kirjattu konevioista johtuneita onnettomuuksia 2 rahtialuksille (37) ja MAIB:n (38) tietoihin on vuosina 1997–2014 kirjattu 4, eli yhteensä 6.

Kaiken kaikkiaan pelkästään konevikoja on Suomen aluevesillä ja lipun alla edellä mainittuina ajankohtina kirjattu 4 ja Englannin aluevesillä ja lipun alla 8. Esimerkkinä on 17 vuotena kirjattu yhteensä 12, joista 6 on sattunut rahtialuksille, eli yksi konevika 34 kuukaudessa. (37; 38.)

Tiedot ovat siinä mielessä ristiriitaisia, että pelkästään konevikoja, kuten edellisessä osiossa mainittuja sähkövikoja, on hankala määrittää. Yleensä konevika johtaa johonkin muuhun onnettomuuteen, kuten pohjakosketukseen tai yhteentörmäykseen. Tulokinnan selkeyden vuoksi konevaurioista johtuneet pohjakosketukset on käsitelty konevaurioiden osalta tässä konevika-osiossa sekä pohjakosketuksissa ja karilleajoissa, joista kerrotaan erikseen osioissa 9.1.8 ja 9.1.10 ja yhteentörmäyksistä osiossa 9.1.4.

#### 9.1.4 Yhteentörmäys

Siirtymävaiheessa miehittämättömien alusten pitää sopeutua muuhun liikenteeseen tavalla, joka vastaa inhimillistä toimintaa. Etäoperoitu alus ilmoittaa aikeistaan muille aluksille automaattisella ilmoituksella. Nämä ovat nykyisiä radioliikenneilmoituksia varmempia, eikä synny tilannetta, jossa miehittämätön alus olisi ”nukahtanut” ilmoittamatta aikeistaan. Aluksen ennakoiva reittisuunnittelu yrittäisi välttää mahdollisimman hyvin muita aluksia suunnitteleamalla reitit ja nopeudet niiden mukaan. (9.)



Siirtymävaiheen alussa koneet ovat mahdollisesti vajavaisia ja tekevät virheitä, koska ihminen ei ole pystynyt vielä ottamaan kaikkea huomioon. Kokeilujen jälkeen saadaan käyttövarmuutta yhteentörmäysten välttämiseksi ja navigointi turvallisemmaksi. On silti ensisijaista minimoida riskit heti operatiivisen toiminnan alussa. (9.)

Yhteentörmäyksen riski pienenee miehittämättömään alukseen siirryttäessä. Kun inhimillinen virhe poistetaan, laivan liikkeistä tulee selvempiä ja tarkempia. Tutkakuvaa ei tulkita väärin, aikeista ilmoitetaan täsmällisesti ja etäoperoidun aluksen ennakoiva riskienhallinta ei johda läheltä piti -tilanteisiin. Aivan lopullisessa vaiheessa, jos kaikki alukset olisivat autonomisia, yhteentörmäyksen riski olisi olematon. (9.)

Yhteentörmäysesimerkeissä on käytetty aluksia, joista toinen tai molemmat osapuolet ovat tyypiltään aluksia, joihin etäoperointia on suunniteltu. Suomen Onnettomuustutkintakeskuksen tiedoista ilmenee, että vuosina 1997–2014 on kirjattu 14 rahtialuksille sattunutta yhteentörmäystä (42). MAIB:n tietoihin näitä on vuosina 1997–2014 kirjattu 48 (38).

Kaiken kaikkiaan yhteentörmäyksiä Suomen aluevesillä ja lipun alla on edellä mainituina ajankohtina tapahtunut 20 ja Englannin aluevesillä ja lipun alla 62, eli yhteensä 82. Yhteensä yhteentörmäyksiä on esimerkkimaista näinä 17 vuonna kirjattu rahtialuksille 62, eli yksi yhteentörmäys kolmessa kuukaudessa. (42; 38.)

Inhimillisen virheen mahdollisuutta onnettomuuksiin ei voida tarkasti määrittää, mutta voidaan sanoa MUNIN-projektin tilastoihin tukeutuen, että 75 % näistä yhteentörmäysonnettomuuksista johtuu inhimillisestä virheestä (6). Miehittämättömyys ei kuitenkaan poista riskiä kokonaisuudessaan, koska toinen osapuoli on vielä pitkään ja suurella todennäköisyydellä miehitetty. Sen voidaan kuitenkin edellä mainitun perusteella todeta laskevan yhteentörmäysten kokonaisriskiä.

#### 9.1.5 Tiedonsiirron katkeaminen

Lopullisessa vaiheessa etäoperoitu alus ilmoittaa tietyin väliajoin, että aluksella on kaikki kunnossa ja tiedonsiirto pelaa moitteettomasti. Tiedonsiirtopaketteja on todennäköisesti kaksi. Toinen, suurempi paketti kertoo aluksen tarkat tiedot ja toinen, pienempi kertoo vain oleellisen eli nk. HELLO ALIVE -toiminnon (Hei. Olen elossa). Nämä paketit eivät rasita verkkoa ja antavat alukselle itsenäisyyden. Pakettien lä-

hetysvälit ovat muutamasta sekunnista muutamaan minuuttiin, riippuen aluksen sijainnista ja ympäröivästä muusta liikenteestä. Keskellä Atlanttia seilaavasta aluksesta riittää viiden minuutin välein saatavat ilmoitukset, kun taas alueella, jossa muuta liikennettä on runsaasti, on tilannetietoa saatava koko ajan. Tilanteen kartoitukseen voidaan luoda malli, joka AIS:n (Automatic Identification System) sekä tulevaisuuden konenäön avulla huomioi ympäröivän liikenteen ja antaa ilmoituksia tämän mukaan. Jos aluksen läheisyydessä ei ole muuta liikennettä, voi alus toimia itsenäisesti ja lähettää ilmoituksen harvemmin. Mallista huolimatta on silti määritettävä pakolliset lähetysvälit, jotta turvallinen kulku voidaan taata. (9.)

Toimivuus on taattava alukselta rantaan mutta myös toisinpäin. Jos etävalvomo kohtaa ongelmia, kuten tulipalo tai sähkökatkos, on aluksen jäätävä paikoilleen odottamaan, jotta yhteys saadaan jälleen kuntoon. Tilanne, jossa aluksen lähettämät ilmoitukset loppuvat, on aluksen siirryttävä automaattisesti odottavaan tilaan, eli pysyttävä paikoillaan, kunnes yhteys saadaan muodostettua. (9.)

Mielestäni kriittisessä tilanteessa, jossa etävalvomo ei ole kykenevä monitoroimaan aluksia, on alusten monitorointi siirrettävä toiseen etävalvomoon, josta valvontaa voidaan jatkaa. Suuren onnettomuuden, kuten tulipalon, riski on mahdollinen ja sen sattuessa on taattava, että alukset voivat jatkaa operoimista alusten omista hätätilanmenettelytavoista huolimatta. Tämä tarkoittaa sitä, että etävalvomolleenkin on suunniteltava nk. varasuunnitelma.

Etävalvomon laitteisto tulee perustumaan miehittämättömän aluksen lailla redundanttisuuteen. Tieto ja ohjaus eivät olisi samassa paikassa vaan jaettu eri serverikeskuksiin, joista tieto voidaan hakea tarpeen vaatiessa. Lisäksi etäoperoimiseen tarvittava data olisi myös vähintään kahdennettu ja eri paikoissa. (14.)

#### 9.1.6 Verkkopiratismi ja piratismi

Alukseen kohdistuvat piratismihyökkäykset tulevat varmasti vähenemään huomattavasti siirryttäessä rakenteellisesti täysin uudenlaisiin aluksiin. Laivoista tulisi rakenteellisesti ”suljettuja”, jolloin niihin ja ohjailukeskukseen ei päästä käsiksi fyysisellä laivaan nousulla. Kannelle nousutilaa ei olisi ja ohjailukeskuksen sisäänkäynnin voisi suojata koodilla tai muulla epätavallisella suojalla. Lisäksi miehittämättömyys eliminoi panttivankitilanteet. (9.)

Aluksesta on kuitenkin erittäin vaikea saada täysin suojattua fyysisiä hyökkäyksiä vastaan; muun muassa tutkien ja muiden ulkoisten navigointilaitteiden tuhoaminen heikentäisi tai pysäyttäisi aluksen etenemisen, ja alus voitaisiin mahdollisesti ottaa hinaukseen. Suomen sekä Englannin Onnettomuustutkintakeskuksissa ei ole rekisteröity yhtään piratismihyökkäystä (41; 38). Maailmanlaajuisesti viimeisten 20 vuoden aikana piratismihyökkäyksiä tai ryöstötapauksia on tapahtunut 6 276 (43, 10).

Tietoturvaa luotaessa tärkeintä olisi alituinen uusien koodien kirjoittaminen ja niiden päivitys, jolloin verkkohyökkäysten riski pienenee huomattavasti. On pidettävä myös huolta, että niin aluksen kuin etävalvomon virustorjunta on ajan tasalla ja sen käyttö sekä toiminnot hoidetaan mahdollisimman suljettuina ja protokollaa noudattaen. Verkkopiratismia ja sen uhkaa käsitellään enemmän tiedonsiirto-osiossa 9.4.

#### 9.1.7 Jäissä operointi ja jäätäminen

Jääoperointi tulee kehittymään tulevaisuudessa yhä enemmän, etenkin kun pohjoista meritietä, koillisväylää, on aloitettu paremmin hyödyntämään. Tällä hetkellä silmät ja kokemus määrittävät hyvän reitin jäissä, ja tähän tulee tulevaisuudessa kehittää parempia ratkaisuja. Pimeässä jäänmurto ja jäissä eteneminen on hidasta. Rolls-Royce on kehittänyt miehittämättömään aluskonseptiin liittyviä keinoja navigoinnin helpottamiseksi, jäänpaksuuden mittaamiseksi ja aluksen optimaalisimman reitin löytämiseksi jäissä. Yksi vaihtoehto voisi olla satelliittipohjainen luotain, ”drone”, joka kulkee jään alla ja kaikuluotaa eri suuntiin mitaten jään paksuutta, kovuutta ja merenpohjan muotoja. Jääluokitus aluksille määräytyy niiden operointialueiden mukaan. Tulevaisuudessa tullaan ottamaan huomioon haasteet jäänmurron suhteen ja varustamaan laivat tarpeellisella tavalla, kuten vahvistetuilla rungoilla ja luokituslaitosten määräämillä metallinpaksuuksilla. (9.) Vaikka suurin rahtiliikenne tapahtuu avovesillä, mielestäni on silti huomioitava jäissä operointi ja sen tuomat haasteet. Etävalvomossa sääanalyytikon tehtävä olisi selvittää myös tähän liittyviä ongelmia ja arvioida paras reitti alukselle, jotta navigointi jäissä on turvallista.

Jäätäminen tarkoittaa aluksen runkoon muodostuvaa jäätä. Jäätämisen ennaltaehkäisy ja poistaminen tuovat haastetta niin suunnittelussa kuin toteutuksessaakin. Lyhyilläkin merimatkoilla jäätämistä voi tapahtua hyvin nopealla aikavälillä, ja se voi olla riski aluksen vakavuuden kannalta. (44.)

Jäätämisen estäminen miehittämättömällä aluksella olisi tehtävä esimerkiksi jollain tavalla lämmön kautta. Nykyään alukset ovat rakenteeltaan liian optimaalisia jäätämislle. Kannen monimutkaisiin rakenteisiin kertyy helposti otollisissa olosuhteissa jäätä. Tulevaisuudessa aluksen muodolla saataisiin vähennettyä mahdollista jäätämistä, koska etäoperoidulla aluksella ei olisi kantta ollenkaan. Yksi vaihtoehto olisi suihkuttaa etäoperoidun aluksen pinnalle jäänestoainetta, joka estäisi jäätämistä. Tähän tarkoitukseen aineita olisi kehitettävä ympäristöystävällisemmiksi ja pidempikestoisiksi. Suomen ja Englannin Onnettomuustutkintakeskuksissa ei ole kirjattu jäätämiseen tai jäissä ajoon liittyviä onnettomuuksia (41; 38).

#### 9.1.8 Karilleajo, törmäämiset, matalat vedet ja vuototilanne

Karilleajon ja pohjakosketuksen lisäksi esimerkkionnettomuuksiin on otettu mukaan myös muut törmäämiset kiinteisiin kohteisiin, kuten laitureihin, kiinnitettyihin aluksiin ja merimerkkeihin. Suomen Onnettomuustutkintakeskuksen tiedoista (42; 45; 46) ilmenee, että vuosina 1997–2014 on kirjattu 76 rahtialuksille sattunutta törmäystä tai runkoon kohdistunutta hasardia, ja MAIB:n tietoihin (38) vuosina 1997–2014 vastavia on kirjattu 59, eli yhteensä 135. Kaiken kaikkiaan runkoon kohdistuneita osumia Suomen aluevesillä ja lipun alla edellä mainittuina ajankohtina on tapahtunut 112, ja Englannin aluevesillä ja lipun alla 107, eli yhteensä 219 (42; 45; 46; 38).

Yhteensä törmäämisiä ja runkoon kohdistuneita hasardeja on esimerkkimaista 17 vuonna kirjattu rahtialuksille 135, eli yksi hasardi puolessatoista kuukaudessa (42; 45; 46; 38).

Tulevaisuudessa kaikilla miehittämättömillä aluksilla on tuplarunko. Tuplarungolla minimoidaan karilleajo- tai muun törmäämistilanteen seurauksia. Jos alus ottaa pohjakosketuksen, uloimmaisen rungon repeytyessä alus on vielä operatiivinen ja välitöntä uppoamisvaara ei ole. (9.)

Alusten lastitilat voidaan tulevaisuudessa suunnitella niin tiiviiksi, ettei mahdollinen sisään otettu vesi vuototilanteessa vaikuta aluksen vakavuuteen ollenkaan. Täyteaineena voitaisiin käyttää vaahtoa tai muuta lastiin sopivaa täyteainetta. Ihmisen poistuminen alukselta tuo paljon uusia turvallisempia mahdollisuuksia lastin suojaamiseen ja kuljettamiseen. (9.)

Nykyinen karttajärjestelmä ei yksinomaan riitä tuomaan täyttä varmuutta aluksen riskittömään navigointiin etävalvomosta. Tulevaisuudessa olisi saatava enemmän tietoa merenpohjan muodosta ja täsmällistä tietoa syvyyksistä ja vuorovesien liikkeistä operoidulla reitillä. Lisäksi satelliittien määrittämä paikka pitää olla tarkasti eri lähteiden ja järjestelmien avulla äänestetty ja varmaksi saatu tieto.

Osiassa 5.3.2 kerrottiin käsin kosketeltavasta 3D-kartasta, jolla pystyttäisiin tutkimaan aluksen kulkua tarkemmin. Tämän kartan avulla voitaisiin turvallisemmin tutkia myös laivan kulkemaa reittiä matalissa vesissä ja kapeikoissa. On kuitenkin saatava tarkempi kuva navigoitavasta alueesta, kuten syvyydet ja etäisyydet maista, jotta turvallinen kulku voidaan varmistaa.

Karikkojen läheisyydessä sekä matalissa vesissä navigoitaessa voisi etävalvomon simulaattoritilassa olla ohjaajia. Konenäön, konekuulon ja ulkoisia olosuhteita mittaavan laitteiston avulla luotu kuva tekisi ajamisesta turvallisempaa ja vastaavanlaista kuin aluksella. Osiassa 9.1.10 kerrotaan lisää aluksen runkoon välillisesti kohdistuneesta riskistä.

#### 9.1.9 Lastiongelmat

Suomen Onnettomuustutkintakeskuksen tiedoista (47) ilmenee, että vuosina 1997–2014 on kirjattu 6 rahtialuksille sattunutta lastin siirtymistä tai lastista johtuvaa onnettomuutta ja MAIB:n tietoihin (38) on vuosina 1997–2014 kirjattu 7.

Luonnollisesti lastiongelmat koskevat vain rahtiliikennettä, joten yhteensä esimerkiksi maista on 17 vuonna kirjattu rahtialuksille 13, eli yksi lastiongelma 16 kuukaudessa (47; 38). Osa lastiongelmista ja siirtymisistä on johtanut karilleajoon. Edellä mainitut onnettomuudet on pyritty erittelemään pelkästään lastinsiirtymiseen ja siitä johtuneeseen onnettomuuteen.

Lastiongelmat ja lastitilojen ongelmat koskevat enimmäkseen miehittämättömiä rahtialuksia ja konttialuksia. Alukset voivat kuljettaa kappaletavaraa tai eri aineita, kuten haketta. Lastitilojen suunnittelu on tehtävä näille aluksille niin, että lastinsiirtymiset minimoidaan. Yhtenä ratkaisuna olisi tavarankin pakkaaminen suojaan, kapseliin tai kuoren sisään, joka olisi myös optimaalinen lastauksen ja sijoittelun kannalta. (9.)

Osiassa 9.1.8 mainittu idea lastitilojen tyhjien osien täyttämisestä jollain sopivalla tavalla ehkäisisi myös lastinsiirtymiseen liittyviä ongelmia (9). Täysin tiiviiksi tekeminen estäisi kappaletavaran liikkeen sekä alusta saamasta kallistumaa, joka voisi aiheuttaa uppoamisvaaran. Ongelmallista lastitilojen suunnittelusta tekee se, että tilat olisi saatava toimiviksi myös lastaukselle, merimatkoille ja purkaukselle. Rolls-Roycen konseptikuvissa alus on malliltaan lieriömäinen, jolloin hyvin ja tiiviisti pakattu lasti ei kovassakaan myrskyssä pääse liikkumaan puolelta toiselle ja aiheuttamaan esimerkiksi vakavaa toispuolista kallistumaa. Muodon voisi ajatella kestävän jopa aluksen ympärirullausta. Siirtymävaiheessa lastiongelmat ovat suuri riski, kun aluksia siirretään etäoperointiin (9). Jos lastitiloja ja lastattavaa tavaraa ei ole vielä suunniteltu etäoperoituihin tarkoituksiin, lastinsiirtymiset ovat mahdollisia. Lisäksi lastitilojen suunnittelu ja niiden lämmitys voivat muodostaa riskin, jos lämmityksen tai viilennyksen puute aiheuttaa jonkin ongelman, kuten tulipalon tai pilaantumisen johtuvan lastinmenetyksen.

Mielestäni aluksen merikelpoiseksi saattaminen satamassa voisi tapahtua esim. rahtaa-jien ja lastaajien toimesta. Kappaletavaralasti on kiinnitettävä niin hyvin, että se kestää suunnitellun merimatkan. Lisäksi alus olisi tarkastettava ja todettava merikelpoiseksi mahdollisesti kolmannen osapuolen toimesta, joka voi olla kyseiseen tehtävään nimetty tarkastaja.

Jotta tulevaisuudessa henkilöstö voidaan siirtää laivalta maihin, on etenkin kappaletavaraa kuljettaessa lastitilat suunniteltava ja tehtävä niin varmoiksi, ettei lasti pääse liikkumaan ollenkaan. Jos aluksen lastitilat tarvitsevat lämmitystä, lämpö voidaan johtaa energiaystävällisesti koneiden kautta tai muilla keinoilla. Lastitilat suunnitteleva yhtiö tutkii vaadittavat tarpeet tiloihin ja toteuttaa soveltuvat ratkaisut ja toiminnot, jotta tarpeelliset vaatimukset täyttyvät. Yhteissuunnittelulla ja hyvillä resursseilla löydetään toimivat ratkaisut lastitilojen vaatimuksiin. (9.)

#### 9.1.10 Squat-ilmiö ja virtaukset

Laivan tullessa esimerkiksi kapeikkoon, jossa virtaukset alkavat viedä alusta odottamattomalla tavalla, laivalla oleva ohjaaja tuntee tämän ja tekee korjaavat toimenpiteet. Tämän datan tuominen etävalvomoon on haastavaa, koska tilanteen muutokset ovat todella nopeita ja reagointi voi olla myöhäistä, jos alus on jo joutunut sivuun reitiltä ja mahdolliseen matalaan veteen tai ottanut jo pohjakosketuksen. Toinen ongelma on

squat-ilmiö, nk. matalikkoimu, jossa aluksen syväys nopeasti kasvaa liian kovan nopeuden seurauksena. Alus toisin sanoen työntyy pohjaa kohden. Ennakoiva toimenpide on nopeuden vähentäminen jo ennen kuin saavutaan matalaan veteen ja viimeistään kun alus alkaa täristä ilman järkevää syytä. Tämänkin datan siirtäminen alukselta etävalvomoon on hankalaa ja reagointi myöhäistä aluksen jo kokiessa kyseistä ilmiötä. (48, 17.)

Osiossa 9.1.8 mainittu 3D-kartta voisi tuoda myös tähän turvallisemman toteutuksen. Teknologian kehitys ja ulkoisia olosuhteita ilmaisevan mittariston sijoittaminen alukselle voi tuoda parempaa tuntumaa alukselta maihin. Lisäksi virtaukset ja ulkoiset ilmiöt keskittyvät tiettyihin paikkoihin, jolloin niiden tiedostaminen edesauttaa varautumista ilmiöön. Karttoihin voidaan merkitä alueet, joissa valmiutta nostetaan tarvittavalle tasolle. Etävalvomo-osiossa 6.3.1 mainittu paikallisen asiantuntijan tehtävä olisi ottaa selvää alueista, joissa valvonnan on oltava tarkempaa.

Paikanmäärittämisessä navigointilaitteiden olisi oltava täysin täsmällisiä ja mielellään ennustavia. Tällä hetkellä navigointijärjestelmä näyttää aluksen sijainnin sekunti sitten, eli se ei ole reaaliaikainen. Optimaalisinta olisi, jos järjestelmä pystyisi ennakoimaan tulevaa reittiä. Järjestelmä laskisi siis todennäköisyyksiä siitä, mitä alus tulee kokemaan seuraavaksi. Tämä auttaisi ja toisi varmuutta ohjailuun ja ulkoisten olosuhteiden tulkintaan. Tämänäköisen järjestelmän yhdistäminen simulaattoreihin tekisi ohjailusta turvallisempaa ja minimoisi riskejä.

Kun simulaattoritiloihin saadaan aluksen tarkka sijainti, sen kulkema reitti ja koneen avulla reaaliaikainen kuva aluksen ympäristöstä, mielestäni etävalvomon ohjailija pystyy tulkitsemaan ja ohjaamaan alusta miltei samalla tavalla kuin itse aluksella. Luontevin valinta ohjailijaksi näissä hankalissa paikoissa etävalvomossa olisi paikallinen asiantuntija, esimerkiksi luotsi. Jos teknologia tuo mahdollisuuksia, simulaattoreihin voitaisiin tuoda myös aluksen kokemaa tärinää ja kallistumisia. Näiden tietojen tuominen simulaattoritiloihin toisi vielä realistisemmän tuntuman ohjailuun. On kuitenkin selvää, että kokonaisvaltaisen käyttökokemuksen tuominen alukselta etävalvomoon on todella suuri haaste, johon ei vielä löydy suoranaista ratkaisua (9).

Squat-ilmiö ja virtaukset voivat johtaa karilleajoon ja pohjakosketuksiin, joten onnettomuusriskiä on analysoitu näiden onnettomuuksien avulla. Onnettomuustutkintakeskuksien tiedoista ei ilmennyt selvää squat-ilmiön tai virtauksien aiheuttamaa onnettomuutta (41; 38).

## 9.2 Tulo ja lähtö

Irtolastialuskonseptissa miehittämättömän aluksen lopullisessa vaiheessa kiinnityksen ja irrotuksen hoitaisivat hinaajat, ja tilannetta johtaisi hinaajan kapteeni. Nykyään aluksen perämies tai luotsi on koko ajan radioyhteydessä hinaajan kapteeniin hinaajan avustaessa laivan tuloa, lähtöä tai muuta satamaoperointia. Olisi optimaalisempaa, jos hinaajan kapteeni saisi hinattavan aluksen tiedot, kuten nopeuden ja peräsinkulman, ilman välikäsiä. Ideaalitilanne olisi, että hinaajan kapteeni voisi operoida myös hinattavaa, säätämällä esimerkiksi ruorikulmia, ja hänellä olisi täysi tilannetietoisuus siitä mitä ympärillä tapahtuu. Hän vastaisi näin yksin koko operoinnista. Tätä ajatusmallia on tuotu myös nykyiseen aluksen ja hinaajien väliseen toimintaan. Lindborgin (9) mielestä juuri hinaaja tulee olemaan keskeisessä roolissa satamaoperoinnissa niin miehittämättömillä kuin miehitetyillä aluksilla. (9.)

Luotsin tehtävä tulevaisuudessa voi vaihdella etävalvomon paikallisesta asiantuntijasta aluksen satamaan saattajaksi, kuten osiossa 6.2 kerrottiin. Luotsi voi ohjata aluksen etävalvomon simulaattoritulassa satamaan tai hän voi fyysisesti nousta alukseen ohjaamaan karsitusta ohjailukeskuksesta. Siirtymävaiheen aluksissa voisi olla vielä jonkinlainen riisuttu ohjailukeskus, josta operointi onnistuu. Myös mainittu oX-siltakonsepti, joka myöhemmin palvelee etävalvomon simulaattoreissa, olisi rakennettu siirtymävaiheen aluksille. (9.)

Kiinnitys tulee muuttumaan nykyisistä köysistä johonkin muuhun turvallisempaan vaihtoehtoon. Vaihtoehtoina on jo nykyisin käytössä olevia kiinnitysmuotoja, kuten imukuppi ja magneetti. Hinaajien työntäessä aluksen vasten laituria, kiinnitys tapahtuisi laiturissa olevilla imukupeilla tai magneetilla. Aluksella ei tarvittaisi tällaisessa tilanteessa kiinnitykseen henkilöstöä eikä töijäyskansia. (9.) Esimerkiksi imukupeille kiinnitys veisi karkeasti vain kymmenen sekuntia aikaa ja irrotus kaksi sekuntia. Sataman puolelta riittäisi yksi henkilö operoimaan tätä järjestelmää. (49.)



Kun aluksella ei olisi enää köysiä, olisi yhtenä toimintamallina tilanne, jossa saattohinaajat voisivat ottaa lähestyvän miehittämättömän aluksen hinaukseen imukupeilla suoraan aluksen kylkeen kiinnittäytymällä. Aluksen muoto olisi tehtävä optimaaliseksi sekä satamakiinnitykselle että hinaukselle.

### 9.3 Konehuone

Kahdentaminen ja laitteiston redundanttinen varmentaminen konehuoneessa tulee ehkäisemään tulevaisuudessa konehuoneen ongelmia, oli kysymys sitten dieselkoneista, LNG:lla toimivista koneista tai akuista. Ehdoton edellytys on kahden akselin käyttö aluksella ja täysin erillisen sähköjärjestelmän syöttämä energianvälitys toiselle akselille. Tällöin yhden akselin menettäminen oikosulun tai muun ongelman sattuessa ei saata alusta riskitilanteeseen. (9.)

Koneiden itsediagnostiikan on oltava erittäin kehittynyttä, kuten osioissa 7.1 kerrottiin, jotta niiden toiminta ilman aluksella olevaa henkilöstä on varmaa ja jatkuvaa. Lisäksi etävalvomon monitorointia varten on asennettava välineitä, kuten värinäantureita, jotka kertovat konehuoneen koko tilasta ja kaikkien laitteiden yksilöllisestä kunnosta. On tärkeää käyttää tekniikan tuomaa apua mahdollisimman monipuolisesti hyväksi, sillä silloin saadaan tietoa ja luottamus koneisiin ja niiden toimintaan kasvaa. Kriittisten antureiden ja mittaristojen kahdentaminen, erilaisten redundanttisten järjestelmien ohjelmointi ja fyysinen laitteistojen ja yksiköiden kahdentaminen on tulevaisuuden konehuoneen perusedellytyksiä. (9.)

Tilojen vaatima lämmitys tai viilennys ohjataan siihen erikoistuneelle yhtiölle. Koneita tullaan aluksilla käyttämään aina, joten ylimääräistä lämpöä ja energiaa tulee kertymään. Tämän energian hyötykäyttö, esimerkiksi juuri lastitilojen lämmitykseen, on haaste, jota tulevaisuudessa tullaan tutkimaan ja kehittämään siihen sopivia ratkaisumalleja. (9.)

Pilssin merkitys ja pilssiantureiden käyttäminen aluksen vuototilanteen havaittavuudessa on nykyaluksilla selvä. Tulevaisuudessa pyritään keksimään muita keinoja mahdollisten vuotojen selvittämiseksi. Vaihtoehtoina voisivat olla muun muassa kosteusmittarit, lasermittarit tai kokonainen rungonvalvonta. Pilssivettä ja sitä tukevaa anturistoa ei mahdollisesti tarvita konehuoneessa enää ollenkaan. Etäoteroiduissa aluksissa pilssin, kuten muidenkin ns. vanhanaikaisten keinojen käyttämisessä tapahtuu pi-

kemminkin kehitystä, kuin että niiden merkitys pysyisi ennallaan. Tämäkin osa-alue tulee tarkempaan tarkasteluun yhtiölle, joka kehittää ratkaisuja miehittämättömän aluksen konehuoneen uudistuksiin ja vaatimuksiin. (14.)

Kuten hätätilannehallinnan alussa mainittiin, suurin osa koneiston ongelmista liittyy usein polttomoottoreihin ja polttoaineita käsitteleviin laitteisiin. Lopullisessa vaiheessa akustopohjaiset etäoperoidut alukset eivät koe näitä ongelmia. On kuitenkin huomioitava konehuoneessa esiintyvät sähköongelmat, kuten värinästä irronneet johdot, erilaiset oikosulut tai koko ensisijaisen sähköjärjestelmän kaatuminen. Ongelmia tulee siis akustopohjaisissakin aluksissa olemaan, minkä vuoksi on tärkeä tiedostaa ongelmat ja suojata ja rakentaa sähköjärjestelmät mahdollisimman hyvin. (39.)

Miehistölle vaadittava ilmastointi on tarkoitus poistaa alukselta lopullisessa vaiheessa kokonaan, mutta koneistot ja elektroniikka on jollain tavalla otettava huomioon. Elektroniikalle ja koneille pitää kuitenkin jäädä tarvittava ilmansaanti, tuuletus ja lämmitys. Asiaan erikoistuneiden yhtiöiden tulee keksiä innovatiivisia ja aluksen omaa laitteistoa hyödyntäviä ratkaisuja. Esimerkiksi koneista lähtevä lämpö voidaan johtaa sitä tarvitseville laitteille.

#### 9.4 Tiedonsiirto

Tiedonsiirrossa ja sen mahdollisessa manipuloinnissa suurimman riskin ja uhan muodostaa hakkerointi. Virusuhka ja hakkerointi muuttavat muotoaan koko ajan, ja uusia keinoja kehitetään alituisesti järjestelmän kaatamiseksi tai hallinnan ottamiseksi. Nykyään moderni tapa toimia on avoimien verkkojen kautta kannettavalle tietokoneelle tai puhelimelle salassa latautuva datapaketti, joka aktivoituu vasta sen ollessa ympäristössä, jossa sen halutaan suorittavan ohjelmoitu toiminto. Jos edellä mainittu ohjelmapaketti pääsee laivan ohjailusta ja hallinnasta vastaavaan tietoverkkoon, voi sen avulla pahimmassa tapauksessa ottaa koko aluksen hallinnan muualta käsin käyttöön. Näitä haitallisia datapaketteja on erittäin vaikea havaita, koska ne muuttuvat haitalliseksi vasta aktivoituessaan; muuten ne ovat näkymättömiä ja kulkevat huomaamattomasti mukana. Piratismi ei siis enää vaatisi itse alukselle nousua ja siellä fyysistä ohjaamista, vaan alus on mahdollista ottaa hallintaan kaikkialta maailmasta edeltä kuvatuin tavoin. (9.)

Lindborgin (9) mukaan keinot verkkohyökkäyksiä vastaan ovat jo olemassa. Virusturva ja tietoturvamuurit on oltava ajan tasalla ja alusta asti mukana siirryttäessä etäopeerointiin. Vanhaan tietoturvaan ja jo aiemmin luotuihin ja olemassa oleviin koodeihin ei tulisi luottaa, vaan pyrkiä kirjoittamaan täysin uusia, puhtaita koodeja ja luomaan näin uutta suojaa järjestelmän turvaamiseksi. Hakkerointi on huomattavasti vaikeampaa, kun järjestelmän turva on täysin uudenlainen ja alituisesti päivittyvä. Verkkoturva olisi tuotava niin alukselle kuin etävalvomoon. (9.)

Aiemmin hyödyt ja säästöt -osiossa mainittu open data, markkina-arvoinen aluksen hankkima avoin data, ei olisi saatavilla laivasta suoraan, vaan tieto pitäisi hakea serverikeskuksen kautta maista, jolloin itse laivan tietojärjestelmä olisi suojattu ulkopuolisilta uhilta. Laivalla itsellään olisi siis reaaliaikainen yhteys tietokantaan, mutta datan jako tapahtuisi serverikeskusten kautta. (9.)

## 9.5 Vastuu

Siirtymävaiheessa yritetään vastuukysymykset jakaa operoivien tahojen kesken täsmällisellä ja byrokraattisella tavalla. Tähän on luotava selkeät toimintamallit, joita noudatetaan tarkasti. Ongelmien syntyessä ei etsitä yhtä vastuunkantajaa vaan sekä toiminnallinen että laillinen puoli tekevät yhteistyötä ja selvittävät vastuukysymykset keskenään. Proseduurit on tiedettävä jo ennen siirtymävaiheen aloittamista. Todennäköisesti siirtymävaiheessa vastuun jakaminen on vaikeaa, ja vastuu kokonaisvaltaisesti toiminnasta tulee olla yhdellä määrätyllä taholla. (9.)

Tällä hetkellä vastuukysymyksiä tutkitaan, mm. MUNIN-projektissa, ja niihin yritetään löytää selvä toimintamalli. Suurimpia ongelmakohtia ovat vakuutus- ja korvaus-toimet onnettomuuden sattuessa. (9.)

Lopullisessa vaiheessa etävalvomon operatiivinen johtaja, kommodori, ottaa vastuun päällikön tavoin kaikesta alusten monitorointia koskevasta toiminnasta (9). On huolehdittava silti, ettei etävalvomosta tule liian byrokraattista tahoa, joka monimutkais- taisi itse valvomon tarkoitusta. Selvät vastuukysymykset on hoidettava ja saatava toimiviksi, mutta toimintojen järjeistäminen on oltava lähtökohtana.

## 9.6 Search and rescue

Täysin miehittämättömällä aluksella pelastusoperaatioita merestä tai laivasta ei voida suorittaa. Alus ei näin ollen voi osallistua itse pelastustoimenpiteisiin. Toistaiseksi on tehty tietoinen päätös siitä, ettei alukselle investoida rahaa kyseiseen toimintoon. Miehittämätön alus voi kuitenkin toimia avustajana etsinnöissä. Laitteisto voi antaa tarkat koordinaatit pelastuspaikalle ja toimia ns. silmänä pelastusalueella. Aluksella voi olla myös pelastuslauttoja, jotka voidaan etäoperoidusti laukaista merihädässä oleville. (9.) Riski on mielestäni epäinhimillinen ja voi johtaa moraaliseen ongelmaan, kun meressä olevia ei voida pelastaa alukseen.

Siirtymä- ja testausvaiheessa pelastusvälineistöä on oltava aluksella. 20 hengen miehistöllekin tähän tarkoitukseen voisi riittää yksi FF-vene (freefall, vapaapudotus-vene), joka yksikkönä vie vain vähän aluksen suunnitellusta rakenteellisesta kapasiteetista ja on myös investoinnillisesti maltillinen. Lopullisessa vaiheessa pelastusvälineistöä ei tarvita, ellei osiossa 9.2 mainittua luotsin ohjailukeskusta ole aluksella, jolloin hänelle on tarjottava välineet pelastautumiseen.

## 9.7 VVA-lomake

Liitteessä 1.

### 9.7.1 VVA-lomakkeen tulkinta

**VAKAVUUS (VAK):** Viestii, kuinka vakava, merkittävä vikaantumisen vaikutus on. Tähän kohtaan olen pohtinut myös toimintavarmuutta operoinnin jatkumiselle (2).

**TODENNÄKÖISYYS (TOD):** Viestii, kuinka todennäköisesti vikaantumisen aiheuttava syytekijä voi toteutua etäoperointiin suunnitellussa järjestelmässä (2).

**HAVAITTAVUUS (HAV):** Viestii, kuinka todennäköisesti tuleva/nykyinen järjestelmä/laitteisto voi havaita joko syytekijän tai vikaantumistavan riskin toteutuessa (2).

**RISKITASO (RT):** Viestii kunkin riskin arvoitetun suuruuden ja auttaa korjaavien toimenpiteiden kohdistamisessa olennaisiin seikkoihin. Riskitason arvo määräytyy vakavuuden, todennäköisyyden ja havaittavuuden tulosta. (2.)

$$RT = VAK \times TOD \times HAV$$

Asteikon arvot vakavuudelle, todennäköisyydelle, ja havaittavuudelle ovat 1–5, joten riskitason vaihteluväli on 1–125. Riski on sitä korkeampi mitä korkeampi on tulon arvo. (2.) Riskimääritykset ja osatekijöiden määritykset on eritelty liitteessä 1.

### 9.7.2 Vika- ja vaikutusanalyysi

Tässä osiossa eritellään ja analysoidaan otsikoittain liitteessä 1 listatut riskit ja kerrotaan miten kyseiseen riskitasoon on päädytty. Analyysissä käytän Onnettomuustutkintakeskuksien tietoja sekä Rolls-Roycen visioita apuna luoden oman näkemykseni miehittämättömän aluksen riskeistä.

Riskianalyysin eri osioissa eritellään riskin todennäköisyys, havaittavuus ja vakavuus sekä perustellaan, miten kyseiseen riskitasoon on päästy ja millä varmuudella alus jatkaa toimintaansa mahdollisesta viasta huolimatta.

VVA käsittelee lopullista vaihetta miehittämättömässä aluksessa. Riskien arvioinnissa ei ole otettu huomioon siirtymävaiheen alusta, vaan arvioitu alus on itsenäisesti seilaava ja etäoperoidusti valvottu yksikkö.

Karilleajon, törmäämisten, matalien vesien, karikkojen, squat-ilmiön ja virtausten seurauksia on analysoitu samoin tavoin ja samasta onnettomuustutkintalähteestä, koska välillisestikin näiden asioiden lopputulos on jonkinasteinen runkoon kohdistunut harsardi.

#### Tulipalo

Kuten aiemmin osiossa 9.1.1 on kerrottu, Suomen ja Englannin onnettomuustutkintakeskusten tietoihin perustuen rahtialuksille on sattunut tulipalo kerran 18 kuukaudessa vuosina 1997–2014 (37; 38). Tulipalon todennäköisyys laitteistollisesti uudistetussa etäoperoidussa aluksessa on mielestäni arvoltaan kaksi. Vakavuusarvoa voidaan pitää kohtalaisena, 3, koska inhimillistä palontorjuntaa aluksella ei ole. Vaikutukset voivat ulottua pienistä lastivaurioista suuriin lastin menetyksiin sekä laivan kontrolloinnin menetykseen. Toisaalta miehittämättömyys tuo mahdollisuuden käyttää hiilidioksidisammutusjärjestelmää palon torjuntaan koko aluksella, mikä muutoin olisi vaikeaa.

Lisäksi sensorien ja mittariston uudistuksen myötä sekä kriittisten antureiden kahdentamisella ja niiden redundanttisuudella tulipalon havaitseminen on erinomainen, 1.

Lopullisen riskitason tulo jää matalaksi arvoon 6. Riski saadaan minimoitua, kun tarpeelliset uudistukset anturien ja palonsammutusjärjestelmän osalta tehdään alukselle. Ilman näitä vaadittavaan turvatasoon ei päästä.

### Sähkövika

Osiassa 9.1.2 kerrottiin, että Englannin aluevesillä ja lipun alla on kirjattu 3 rahtialukselle sattunutta sähkövikaa vuosina 1994–2011, eli yksi onnettomuus 68 kuukaudessa (38). Mutta kuten osiossa myös mainittiin, suuri sähkövika johtaa välillisesti toiseen vakavampaan onnettomuuteen. Yleisesti voidaan todeta, että suuret sähkönmenetykset ja tästä johtuneet aluksen runkoon kohdistuvat hasardit ovat harvinaisia.

Todennäköisyys sähkövioille lopullisen version miehittämättömässä aluksessa, joka saa osan tai koko energiansa akuista, on erittäin suuri. Tärkeimmäksi tekijäksi nousee aluksen kahdennettu ja täysin erillinen sähköjärjestelmä sekä kaikkien sähkölaitteiden redundanttisuus. Kuten varajärjestelmä-osiossa kerrottiin, missään vaiheessa vika ei saa lamaannuttaa koko järjestelmää, vaan toimintaa on aina pyrittävä jatkamaan kaikin mahdollisin keinoin. Todennäköisyys on edellä mainitut seikat huomioon ottaen keskinkertainen, 3, koska vikoja tulee tapahtumaan, mutta perusedellytysten ollessa suunnitellun mukaisia, toiminnan jatkuvuus on kohtalaisen varmaa.

Vakavuuden osalta on mielestäni hyvin epätodennäköistä, että alus ajautuisi ajalehtiin menetettyään sähkönsaannin eikä alusta voitaisi etänä mitenkään auttaa. Silti mielestäni sähkövikoihin reagointi ja korjaaminen on ongelmallista etänä ja korottavat vakavuutta vaikkakin operatiivinen jatkuvuus on perusedellytys. Vakavuusarvo jää keskinkertaiseksi 3. Sähkövian sattuessa on mahdollista, että se johtaa välillisesti muihin onnettomuuksiin.

Havaittavuutta arvioidessa pitää huomioida juuri edellä mainittu järjestelmien redundanttisuus ja kyky ratkaista ja havaita ongelmat ajoissa, jolloin pahinta mahdollista skenaariota ei pääse tapahtumaan ja havaittavuuden arvo on 3.

Lopullisen riskitason tulo jää matalaksi arvoon 18, ja riski saadaan minimoitua, kun laivan sähköjärjestelmiä suunnitellessa otetaan huomioon operatiivisen jatkuvuuden tärkeys. Ilman tätä vaadittavaan tasoon ei päästä.

### Konevika

Konevika-osiossa 9.1.3 kerrottiin, että koneviasta johtunut onnettomuus tapahtuu nykyisin kerran 34 kuukaudessa (37; 38). Kuten edellä sähkövioissa totean, suuret koneviat ja tästä johtuneet aluksen runkoon kohdistuvat hazardit ovat merenkulussa suhteellisen harvinaisia.

Koneiston kehittäminen luotettavalle ja toimintavarmalle tasolle on paras keino minimoida riskejä. Osiossa 6.4 kerrotun ennakoivan huoltojärjestelmän asentaminen alukselle pidentää sen huoltovälejä sekä vähentää konevikoja, jolloin toimivuuden varmuus kasvaa. Lisäksi eri antureiden ja mittareiden kehittyminen sekä robotiikan tulo muuttaa konehuonetta paremmin hoidettavaksi ja tulkittavaksi. Todennäköisyys konevioille on keskinertainen, 3, kun on kysymys LNG- sekä hybridijärjestelmästä. Lopullisessa vaiheessa sähkön käyttö aluksen energianlähteenä tuo todennäköisyyden arvon varmasti pienemmäksi.

On huomioitava, että konevika voi välillisesti johtaa suurempiin onnettomuuksiin, joihin palataan myöhemmin. Tässä pyrin määrittämään vain vakavuuden konevialle. Laitteiston varmuus ja toiminnan jatkuvuus määrittävät osaksi vakavuusastetta. Polttoaineen muutoksella on suuri vaikutus konehuoneen riskialttiuteen, kuten aiemmin työssä on todettu. Muun muassa siirtyminen LNG:iin minimoi riskejä ja on käyttöturvallisempaa. Jos sallitaan vikaantumiset ja pyritään toiminnan jatkuvuuteen, vakavuus on mielestäni lievä, 2.

Kuten sähkövioissakin todettiin, fyysinen kahdennus ja järjestelmän redundanttisuus on ehdoton edellytys laitteiston toiminnan takaamiseksi. Koneiden itsediagnostiikka ja sähköisten viestien ja tietojen lähetys etävalvomoon aluksen koneiden tilasta saavat havaittavuuden hyvälle tasolle. On kuitenkin huomioitava, että kone-osiossa 9.1.3 mainittu aistienvaarainen tunne ei välity etävalvomoon, joten muuten hyvä havaittavuus kärsii mielestäni tästä hieman, ollen arvossa 2.

Lopullisen riskitason tulo jää matalaksi arvoon 12. Mutta kuten sähkövikojen osalta todettiin, vika johtaa yleensä toiseen vikaan, joka voi johtaa suurempaan onnettomuuteen, joten pelkästään konevian riskitason määrittäminen on hyvin vaikeaa. Mielestäni luotettavuus laitteistoissa nousee tärkeään osaan riskinhallinnassa. Kun luotettavuus saadaan varmaksi, pystytään riskitkin minimoimaan. Konevicioissakin tärkein asia on toiminnan jatkuminen vikaantumisista huolimatta.

### Yhteentörmäys

Lopullisessa vaiheessa, jos suurin osa rahtiliikennealuksista on etäoperoituja, todennäköisyys yhteentörmäyksille olisi olematon. Kuten osiossa 9.1.4 todettiin, on kuitenkin selvää, että miehitettyjä aluksia tulee aina olemaan liikenteessä, joten yhteentörmäysten riski on läsnä. Lisäksi kerrottiin, että Suomen ja Englannin Onnettomuustutkintakeskusten tietoihin perustuen rahtialuksille on sattunut yhteentörmäyksiä kerran kolmessa kuukaudessa vuosina 1997–2014 (42; 38). Todennäköisyys, tilastot ja alitui-  
nen miehitetty liikenne huomioituna, on mielestäni 3. Vakavuus on yhteentörmäyksissä aina kohtalokas, kun ihmisiä on aluksella. Voidaan kuitenkin ajatella, että vaarassa olevien ihmisten määrä puolittuu toisen osapuolen ollessa miehittämätön. Lisäksi kun miehittämätön alus on vielä tarkkaavaisempi navigoinnissaan, pidän vakavuutta arvossa 3.

Riski saadaan mielestäni huomattavasti pienemmäksi tuomalla liikenteeseen tarkempi itsenäinen alus, joka tekee enemmän ja tarkempaa työtä yhteentörmäysten välttämiseksi. Havaittavuus yhteentörmäyksille on älykkäässä aluksessa 2.

Lopullisen riskitason tulo on 18. Riski saadaan pidettyä suhteellisen matalana, kun itsenäisestä etäoperoidusta aluksista tehdään toimintavarmoja ympäristössään ja aluksille suunnitellaan hyvin muuhun liikenteeseen adaptoituva navigointijärjestelmä. Ilman tätä ennakoivaa ja yhteentörmäystä välttävää ohjelmointia, keskitasoiseen riskitasoon ei mielestäni päästä.

### Tiedonsiirron katkeaminen

Onnettomuuteen johtaneita esimerkkejä tiedonsiirron katkeamisesta ja operoinnin menetyksestä ei onnettomuustutkintakeskuksissa ole kirjattu johtuen tulevaisuuden uu-



desta tavasta ohjata aluksia. Analyysi perustuu omaan näkemykseeni siitä, mitä mahdollisuuksia tulevaisuuden suunnitelmat ja laitteisto voivat tarjota.

Etäoperoitu alus ja etävalvomokeskus tulevat molemmat kohtaamaan tiedonsiirtoon liittyviä ongelmia. Tarkoitus on varmistaa toiminnan jatkuminen, vaikka tiedonsiirto katoaisi. Tästä syystä aluksen itsenäisyys ja oma päätäntävalta ovat tärkeässä roolissa, koska ne minimoivat kontrollinmenetysriskiä.

Etävalvomon laitteiston tulee perustua miehittämättömän aluksen tavoin redundanttisuuteen. Tieto ja ohjaus eivät ole samassa paikassa vaan jaettu eri serverikeskuksiin, joista tieto voidaan hakea tarpeen vaatiessa. Lisäksi etäoperoimiseen tarvittava data olisi myös vähintään kahdennettu ja eri paikoissa. Todennäköisyyden määrittäminen opinnäytetyössä käytyjen asioiden valossa on vaikeaa. Hyvällä tekniikalla ja järjestelmällä yhteydenpito voi olla moitteetonta, mutta toisaalta järjestelmä voi kohdata viikoja, jos laitteiston luotettavuus ei ole varmalla tasolla. Siksi on turvallista todeta näihin tietoihin nojaten, että todennäköisyys riskille on epätodennäköinen mutta mahdollinen, 3.

Redundanttisuus nousee jälleen tärkeään osaan tiedonsiirron ylläpidossa aluksen ja etävalvomon välillä. Yhteydenpitovälineiden on oltava moninkertaiset. Riskin vakavuutta aluksen kontrollin menetyksestä ja mahdollisesta onnettomuusuhasta muihin aluksiin tai kiinteään hasardiin on hyvin vaikea arvioida. Jos alus on niin itsenäinen kuin siitä on tarkoitus tehdä, eivät tiedonsiirron tuomat ongelmat aiheuta vaaraa aluksen seilatessa, vaan vikaantumisen sattuessa redundanttisuus korostuu ja kontrolli saadaan pidettyä. Koska on epätodennäköistä, että järjestelmä kaatuisi kokonaan ja alus olisi kontrollin ulottumattomissa, suurta vaaraa itsenäiselle ja älykkäälle alukselle ei synny. Se niin sanotusti jatkaa toimintaansa vikaantumisesta huolimatta. Jos vikaantumista ei saataisi korjattua, alus suorittaisi aiemmin opinnäytetyössä mainitun ohjelmoidun toiminnon, kuten paikallaan pysymisen. Näin ollen mielestäni riski ei ole vakavuudeltaan kovin korkea, ollen 2. Kun edellä mainitut kohdat sekä kaikki varotoimet, eri moodien eli ohjelmoitujen toimintojen käyttö ja hyvän ja jatkuvan kontrollin mahdollistava redundanttinen järjestelmä otetaan huomioon, saadaan vikaantumisen havaittavuus hyvään tasoon 2.

Tiedonsiirron katkeamisen lopullisen riskitason tulo on 18. Ongelmia tulee esiintymään, mutta varauduttaessa kaikenkattavasti tiedonsiirron ongelmakohtiin ja suunniteltaessa itsenäinen ja älykäs alus tarkoituksenmukaisesti, riski jää matalaksi.

#### Lastin siirtyminen

Yksinomaan lastiensiirtymisistä johtuneiden onnettomuuksien todennäköisyys on osion 9.1.9 mukaan kerran 16 kuukaudessa (47; 38.). Todennäköisyys on siis matala nykyaluksilla. Rakenteellisesti uudenaikaisissa aluksissa, jotka suunnitellaan varta vasten etäoperointitarkoitusta varten, todennäköisyys jää mielestäni vielä matalammaksi, arvoon 1.

Lastin siirtyminen liikkuvassa aluksessa aiheuttaa vakavan uhan sen merikelpoisuudelle. On myös todettava, että suunniteltaessa rakenteeltaan täysin uudenlainen alus, jossa lasti ei pääse siirtymään tiiviin pakkaamisen sekä tyhjien tilojen täytön, kuten erikoisvaahdon käytön vuoksi, vakavuus jää arvoon 2.

Havaittavuus lastinsiirtymiseen ja muihin siihen liittyviin ongelmiin voidaan ratkaista hyvällä valvonnalla anturien, lastitilojen monitoroinnin ja aluksen kallistuskulman selvittämisellä. On selvää, että aluksella oleva henkilöstö on suuremmassa vaarassa merellä kuin etävalvomossa analysoidessaan aluksen tilaa. Havaittavuus on näin ollen mielestäni vähintään yhtä hyvällä tasolla niin merellä kuin maissa, arvoltaan 2.

Lopullisen riskitason tulo on 4. Riski saadaan pidettyä minimaalisena, kun lastitilat suunnitellaan uudenaikaisiksi ja lastin siirtyminen estetään tarpeellisin keinoin.

#### Karilleajo, törmäämiset, matalat vedet ja vuototilanne

Kuten aiemmin osiossa 9.1.8 on kerrottu, törmäämisiä, karilleajoja ja runkoon kohdistuneita hasardeja on esimerkkimaista 17 vuonna kirjattu rahtialuksille 135, eli yksi hasardi puolessatoista kuukaudessa (42; 45; 46; 38). Tämänäköisten onnettomuuksien kirjo on laaja, ja mielestäni todennäköisyys runkoon kohdistuvalle hasardille on nykyään yleinen.

Kun miehittämätön alus noudattaessa ennalta sovittua reittiä aluksen paikanmääritys on tarkkaa, matalikot ja karikot ovat tiedossa ja navigoinnin valvontaa on korostettu näillä alueilla, on karilleajo mielestäni epätodennäköinen. Silti muun muassa paikanmääritys olisi saatava todella tarkaksi etenkin kapeikoissa ja ahtaissa paikoissa navigoitaessa. Pienikin virhe paikanmäärityksessä lisää riskiä osua kiinteään kohteeseen. Edellä mainitut seikat sekä inhimillisen virheen poistuminen tuovat todennäköisyyden mielestäni arvoon 3. Kuitenkin suhteessa nykyiseen, en usko, että todennäköisyys runkoon kohdistuvalle hasardille tulee kasvamaan suuremmaksi riskiksi miehistön poistuttua.

Lastiongelmat ja lastin siirtyminen -osioissa monikäyttöinen vaahto voi toimia monessa roolissa. Se täyttää tyhjät tilat lastitiloissa estäen mahdollisesti myös lastin liikuttamisen. Tämän lisäksi vuototilanteessa vedellä ei ole mahdollisuutta aiheuttaa alukselle vakavuudellisia ongelmia, koska tyhjät tilat on täytetty vaahdolla.

Tuplarunkoisuus, lastitilojen täyttö, karttajärjestelmät ja ulkoisten olosuhteiden aistinvarainen havaitseminen etävalvomossa laskevat tilanteen vakavuutta ja minimoivat riskiä. On kuitenkin selvää, että varmuutta ei nykyisillä metodeilla saada parhaaksi mahdolliseksi, jonka vuoksi pidän riskin vakavuutta keskitasoisena, 3.

Havaittavuuden osalta paikallisen asiantuntevuuden on oltava ensiluokkaista ja nykyisen karttajärjestelmän luotettavuus on saatava varmaksi ja toimivaksi. Tällä hetkellä havaittavuus on suhteellisen epävarmaa, johtuen pitkälti paikanmäärityksen luotettavuudesta ja aluksen ulkoisten olosuhteiden aistinvaraisen kokemisen puutteesta. Mielestäni havaittavuus on suhteellisen epävarma, 3.

Lopullisen riskitason tulo on 27. Karttajärjestelmä, paikanmääritys ja aluksen ajama reitti on saatava täysin varmaksi, jotta luotettavuus on niin varmallalla tasolla, että alus suoriutuu navigoinnista itsenäisesti. Kehitystä ja ylläpitoa on parannettava koko ajan, jotta aluksen hallinta ei missään vaiheessa olisi epävarmaa.

### Verkkopiratismi

Kuten osiossa 9.4 on kerrottu, verkkopiratismiin ehkäisyssä suurin rooli on uusien koodien luomisessa ja niiden jatkuvassa päivityksessä. On luotava hyvä virustorjunta ja palomuurit monimuotoisten verkkohyökkäysten ehkäisemiseksi.

Emme tiedä varmasti, kuinka suureksi uhaksi verkkopiratismi ja aluksen hallintaan kohdistuvat hyökkäykset tulevaisuudessa nousevat. Varmaa on, että hyökkäyksiä tullaan yrittämään. Todennäköisyys on siis mahdollinen, 3, koska liian positiivinen ajattelu tässä suhteessa on epärealistista.

Pohjimmiltaan vakavuuteen vaikuttaa se, kuinka hyvä virusturvataso aluksella ja etävalvomossa tulee olemaan. Jos työssä käsiteltyihin suunnitelmiin voidaan luottaa ja torjunta on koko ajan päivittyvä ja uusiutuva, riski olisi ehkäistävissä. On kuitenkin tiedostettava, että aluksen menettäminen ja sen käyttö esim. terrorismiin on huomattava riski. Pidän vakavuutta näin ollen arvossa 4.

Verkkopiratismiin havaitseminen on yleisesti katsottuna hyvä, koska alus ilmoittaa taksaisin väliajoin tilastaan, ja poikkeamat havaitaan heti. Tilanne, jossa aluksen kontrollista vastaavaan verkkoon pääsee tunkeutumaan tiedonsiirto-osiossa mainittu paketti, joka voi aiheuttaa kontrollin menetyksen aluksen ja etävalvomon välille, voi olla vaikeasti havaittavissa. Yleisesti katson havaittavuuden olevan keskitasoinen, 3.

Lopullisen verkkopiratismiin riskitason tulo on 36. Keinot verkkopiratismiuhon minimoimiseen ovat virustorjuntaohjelmistojen alituinen päivitys ja uudistuminen. Vanhaa ja käytettyä koodia ei kirjoiteta ja tiedonsiirtodatan käsitteleminen pidetään suljettuna protokollaa noudattaen.

### Piratismi

Osiassa 9.1.6 mainittiin, että maailmanlaajuisesti viimeisten 20 vuoden aikana on piratismi-uhkayksii tai ryöstötapauksia tapahtunut 6 276 (43, 10). Suuresta lukumäärästä huolimatta, kun miehittämättömät alukset suunnitellaan rakenteellisesti täysin uudenlaisiksi ja alukseen noususta tehdään hankalaa sekä ohjauskeskus on turvattu, todennäköisyys piratismille on mielestäni vähäinen, muttei mahdoton, 2. Todennäköistä on, että sitä tullaan yrittämään. Jos alus saadaan jollain keinolla haltuun, sen menetys on pelkästään materiaallinen. Vakavuus ei mielestäni ole pahin mahdollinen, ollen arvossa 4, koska uhkaa miehistölle ei ole.

Aluksesta on kuitenkin erittäin vaikea saada täysin suojattua hyökkäyksiä vastaan. Muun muassa tutkat ja muut ulkoiset navigointilaitteet olisi suojattava hyvin, sillä niiden tuhoaminen estäisi aluksen etenemisen. Havaittavuus piratismille on silti, rakenteelliset uudistuksen huomioon ottaen, hyvä ja usein havaittavissa, 2.

Lisäksi osiossa 4.4 mainitut lippuvaltion säännöt tulevat määrittämään, että laivalle on mm. tehtävä selvät hätäpoistumistiet siirtymävaiheen aluksiin, jos alukset kokevat rakenteellisia muutoksia, ja on ehdottoman tärkeää rakentaa hätäpoistumistiet myös lopullisen vaiheen miehittämättömään alukseen huoltohenkilöstöä varten. Piratistmin näkökulmasta katsoen hätäpoistumistiet olisi tehtävä esim. vain ulospäin aluksesta.

Lopullisen riskitason tulo jää matalaksi arvoon 8 ja riski saadaan minimoitua, kun alus suunnitellaan rakenteellisesti uudelleenlaiseksi ja hyökkäyksen kannalta suojatuksi.

#### Jäissä operointi, jäätäminen

Jäätäminen voi tehdä aluksen tutkista ja muista ulkoisista aluksen ohjailun kannalta kriittisistä laitteista toimintakyvyttömiä. Lisäksi myös aluksen vakavuus voi äärimmäisissä tapauksissa kärsiä jäätämisen takia. Osiossa 9.1.7 käsiteltiin tapoja, joilla jäättilannetta ja aluksen kulkemaa reittiä voidaan tulevaisuudessa selvittää. Etävalvomon sääanalyytikon tehtävä on kartoittaa optimaalisin reitti ajettaessa jääalueilla, ja lisäksi aluksen omat jäähavainnointijärjestelmät avustavat kulkua.

Suurimmat riskit jäissä operoinnissa voivat olla runkorasituksista johtuvat vauriot ja aluksen kiinnijääminen. Todennäköisyysarvo on mielestäni pieni, 1, sillä edellä mainittujen seikkojen lisäksi tulevaisuuden reitit etäoperoiduille aluksille ovat pääsääntöisesti avovesille suunniteltuja. Vakavuusarvo jää mielestäni myös pieneksi, 2, joskin aluksen jäädessä kiinni ainoa apu on miehitetyn jäänmurtajan lähettäminen. Lisäksi lämmön ja jäänestoaineiden avulla jäätämislle alttiit rakenteet, kuten tutkat, saadaan suojattua.

Havaittavuus on arvossa 5, sillä ratkaisut yleisesti jääoperoinnissa eivät ole vielä tarpeellisella tasolla. On kehitettävä keinoja sujuvaan jäissä operointiin ja estää jäätämisen aluksen kriittisissä rakenteissa.

Lopullisen riskitason tulo on 10. On kehitettävä menetelmiä jäätilanteen reaaliaikaiseen seurantaan ja optimoida aluksen jäissä kulkema reitti. Tällöin minimoidaan riskitilanteet, joita alus voi kohdata jäissä operoidessa. Lisäksi jäätämisen estämiselle aluksen rakenteisiin on kehitettävä tarvittavat ratkaisut.

### Virtaukset ja squat-ilmiö

Pohjakosketukset ja muut runkoon kohdistuvat hasardit ovat Suomen ja Englannin Onnettomuustutkintakeskuksien tietojen perusteella yleisiä (41; 38). On vaikea määrittää näiden perusteella todennäköisyyden riskiä squat-ilmiöön ja virtauksiin. Siksi todetaan, että squat ja virtaukset voivat välillisesti aiheuttaa runkoon kohdistuvan hasardin, joskin tilastollisesti tapauks kertoja on hankala määrittää.

Kuten karilleajoanalyysissä mainittiin, inhimillisen virheen poistuminen minimoi riskiä. Lisäksi osion 9.1.10 lopussa mainittiin, että aistinvaraisen kokeman tuominen etävalvomoon on todella haasteellista. Virtaukset ja squat ovat hankalia ilmiöitä havainnoida, eikä inhimillisyys kaikissa tapauksissa varmasti nouse suurimmaksi aiheuttajaksi. Vaikka ilmiöihin on hankala varautua etäoperointikeskuksessa, etenkin ajettaessa kapeikoissa ja salmissa, pidän hyvän konenäön, tutkakuvan ja ulkoisia olosuhteita tukevan anturiston apua niin kattavana, että ammattitaitoinen luotsi tai ohjaaja pystyy reagoimaan ulkoisiin yllättäviin tilanteisiin yhtä hyvällä varmuudella kuin aluksella ollessa. Todennäköisyyden arvo on näillä perusteilla mielestäni keskinkertainen, 3. Kapeikoissa ja muissa ahtaissa kulkuväylissä ajettaessa riski runkokosketuksiin on suuri. On silti todennäköistä, että alus saa apua esim. saattohinaajilta ahtaissa ja vaikeissa paikoissa, jotka useimmiten sijoittuvat satamien läheisyyteen. Vakavuuden arvo on tässä riskissä mielestäni kohtalainen, 3.

Osiossa 9.1.10 kerrottiin myös, että paikanmäärittäksessä navigointilaitteiden olisi oltava sekunnilleen täsmällisiä. Optimaalisinta olisi, että järjestelmä pystyisi ennakoimaan tulevaa paikkaa ja mitä alus voi kokea siinä. Tämä auttaisi ja toisi varmuutta ohjailuun ja ulkoisten olosuhteiden tulkintaan. Lisäksi karttajärjestelmän parantaminen ja riskialueiden huomioiminen navigoitaessa nostaisivat squat-ilmiön ja virtausten havaittavuutta. Mielestäni nykyinen järjestelmä ei tuo havaittavuutta tarpeelliselle tasolle, ja siksi riski on vaikeasti havaittavissa, 4.

Lopullisen riskitason tulo on 36. Kattavan karttajärjestelmän ja tulevaa kokemaa ennustaman järjestelmän yhdistäminen simulaattoreihin tekisi ohjailusta turvallisempaa ja minimoisi riskiä. Riskitaso on kohonnut, ja siihen on mielestäni kiinnitettävä tulevaisuudessa huomiota, kun suunnitellaan laitteistoja kyseisten ilmiöiden havaitsemiseen.

Vaikka runkoon kohdistunut riski on yleinen merenkulussa, en pidä squat-ilmiötä ja virtauksia yleisinä onnettomuuden aiheuttajina näiden kohonneesta riskitasosta huolimatta. Enemmän kiinnittäisin huomiota juuri paikanmäärityksen tarkkuuteen ja tulevan paikan ja siinä kokeman ennustamiseen. Tätä koskevaa kehitystyötä on tehtävä tulevaisuudessa.

### 9.7.3 Analyysin johtopäätökset

Yleisesti voidaan päätellä, että nykyinen koneiston, turvallisuuden ja järjestelmien taso ei riitä, kun siirtyminen etäoperoituihin aluksiin alkaa. Laitteistojen on kehityttävä vastaamaan teknologian tarpeita ja toimintamalleihin on saatava ennakoivaa suunnittelua ja varmuutta.

Redundanttisuus korostuu useimmissa riskeissä merkittävästi, koska se tuo varmuutta ja uskallusta operoida alusta miehittämättömänä. Nykyinen varmuustaso laitteistoissa ei vielä takaa turvallista miehittämätöntä operoimista, mutta tulevaisuudessa juuri redundanttisuus tekee mahdolliseksi aluksen etäoperoinnin.

Samalla kun varmistamme redundanttisuudella ja varajärjestelmillä operatiivisen jatkuvuuden, pitäisimme huolta myös tulevasta, eli paikanmäärityksessä mainitusta järjestelmästä, joka laskee ja analysoi aluksen tulevaa reittiä ja mitä se mahdollisesti voi kokea siinä.

***Riskien minimoiminen on operatiivisen jatkuvuuden varmistamista ja (aluksen) tulevan kokeman ennustamista.***

Suurimpana riskinä pidän ihmiselle aiheutuvaa haittaa. On kuitenkin huomioitava, että miehittämättömän aluksen ollessa esim. ohjailukyvytön ja sen törmätessä toiseen alukseen, aiheutuu välillisesti vaaraa toisen aluksen miehistölle. Tähän johtanut tilanne on kuitenkin todennäköisempi silloin, kun molemmilla aluksilla on miehistöä. In-

himillisen riskin pois sulkeminen lisää siis turvaa alukselle. Koska aluksissa ei ole miehistöä, lastin siirtyessä voi pahimmassa tapauksessa laiva saada pahan kallistuman, jolloin ohjailu hankaloituu ja uppoaminen on suuri uhka. Kuitenkaan tässä tapauksessa ei ole ihmishengistä kyse. Näin ollen eliminoimalla pahimman uhkakuvan – ihmishenkien menettämisen – menetykset ovat useimmissa mahdollisissa riskeissä vain materiaalisia. Ympäristöuhan riski säilyy käytettäessä öljyjä polttoaineena, mutta sähköön siirtyminen eliminoi ongelman tulevaisuudessa.

Riskianalyysi osoittaa, että verkkopiratismi sekä squat-ilmio ja virtaukset saavat suurimman riskitason, 36. Riskinä squat-ilmion ja virtauksien seuraukset karilleajon, törmäämisten, matalien vesien ja vuototilanteen kanssa ovat samankaltaiset. Myös jälkimmäisen riskin taso kohoaa keskiarvoa suuremmaksi, 27. Teknologian kasvu tuo verkkopiratismiin uhan suureksi, johon varautumalla tarvitaan hyvää virussuojausta. Aistienvaraisten tuntemusten tuominen etävalvomoon tulee olemaan suuri haaste. Kuten aiemmin tässä osiossa todettiin, aluksen tulevan kokeman ennustaminen voi tuoda varmuutta ja tietämystä asiaan, jolloin uhka vähenee. Molemmissa kohdissa riskitasot kohoavat havaittavuuden, todennäköisyyden ja vakavuuden arvoilla korkeimmiksi, sillä suunnitelmat näiden riskien ehkäisemiseksi eivät ole tarpeeksi kehittyneitä.

Ihmisten poisjäänti aluksilta aiheuttaa ihmisten aistienvaraisten tuntemuksien ja kokemien puuttumisen. Tämä pyritään korvaamaan teknologialla, jotta vastaava tieto olisi saatavissa etävalvomossa. Ihmisen tuntiessa on kyseessä henkilökohtainen kokemus, ja kun ihminen ei tunne, tunnepohjattomat ratkaisut voivat tulla ylimielisiksi. (9.)

Vaikeaa on silti sanoa, kuinka paljon miehittämättömyys tulee parantamaan merenkulkua. Voidaan kuitenkin todeta, että ihmisten ja inhimillisyyden poistuessa aluksilta turvallisuus kasvaa, tuottavuus paranee ja riskit vähenevät. Lisäksi oikeilla panostuksilla, resursseilla ja muutoksilla miehittämättömän aluksen hyödyt ja mahdollisuudet avaavat uusia ovia ja tuottavat tietoa sekä rahaa.



## 10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Riskien ennalta kartoittaminen on ehdoton edellytys miehittämättömän aluksen operoinnille. Käytäntö ja testit näyttävät, mitä uusia riskejä voidaan löytää, kun ensimmäisiä konseptilaivoja testataan. Tällöin on myös tehtävä holistisia riskianalyyskejä sekä järjestelmien luotettavuusanalyyskejä, jolloin pystytään kartoittamaan ongelmia ja riskejä ennakoidusti.

VTS on nykymittapuulla jonkinlainen etävalvomo. Siellä valvotaan ja jonkinasteisesti kontrolloidaan aluksia. Kommunikointi alusten ja VTS:n välillä tapahtuu tällä hetkellä radioliikenteen avulla. Tulevaisuudessa VTS voi osoittautua tarpeettomaksi ja kannattamattomaksi, jos toiminta voidaan hoitaa etävalvomoissa. Mahdollisuus olisi myös yhdistää VTS etäoperointikeskukseen. Tämä toisi taloudellisia säästöjä, ja tekijöille saataisiin interaktiivisesti käytännöllisempi toimintaympäristö. Mielestäni suunniteltu maantieteellinen etävalvomojako palvelisi parhaiten miehittämättömien alusten kontrollointia. Yhdistettäessä se VTS:n kanssa investoinnit olisivat todennäköisesti matalammat.

### 10.1 Etävalvomo

Etävalvomon työtehtävät on jaoteltu hyvin, minkä tavoitteena on työtaakan keventäminen yhdeltä henkilöltä. Kokonaisuus saadaan tällaisella suunnittelulla toimivaksi ja riskittömämmäksi. Yleisestikin toiminta olisi laajempaa ja perusteellisempaa kuin aluksella. Näin rakennettu työympäristö motivoi henkilöstöä ja alentaa riskejä laivan operoinnissa. Vuorotyöllä toimiva järjestelmä on myös sosiaalista hyvinvointia ajatellen toimiva ratkaisu. Henkilöstö on valppaampaa ja motivoituneempaa tämän hetkiin käytäntöön verrattuna.

Etävalvomon toteutus tulee olemaan vaikeaa, jotta kaikenkattava ympäristö saadaan tehokkaaksi. Paikallinen asiantuntija, joka olisi aiemmin opinnäytetyössä mainittu luotsi, voi antaa aluksille tietämystään vain hänen operointialueellaan. Hänestä ei olisi hyötyä muualla, ja siksi useiden alusten maanlaajuinen seuranta voi osoittautua todella hankalaksi. Missä vaiheessa etävalvomon alus siirtyisi alueelle, jossa luotsin paikallistuntemus ei olisi enää relevanttia? Riskit kasvavat suuriksi, kun operatiivinen varmuus pienenee. Maantieteellisissä etävalvomoissa, joissa alukset siirtyisivät toiselle alueelle, varmuus saataisiin paremmaksi ja riskit pienemmiksi. Täysi automatisointi -osiossa

10.7 käyn läpi vielä suunniteltua ensimmäistä ja optimaalista toteutusta etäoperoiduille aluksille.

Käyttäjäkokemuksesta on etävalvomossa tehtävä paras mahdollinen. Ammattiylpeys on ehdottomasti saatava tuleville perämiehille, päälliköille ja muille etäoperointikeskuksen tärkeille ammattilaisille. Työtehtävien pitää tuntua arvokkailta ja vastuu asioista on oltava koettavissa.

## 10.2 Toteutuminen

Kun katsomme historiaa, alusten henkilöstömäärä on vähentynyt vaiheittain johtuen materiaalin ja laadun paranemisesta, koneiston automatisoinnista ja miehistön pätevyyden paranemisesta.

Miehittämätön alus on tulevaisuutta. Suurin kysymys ei ole, tapahtuuko se, vaan milloin se tapahtuu. Merenkulun on koettava uudistuksia ja sopeuduttava ympäröivän teknologian kehityksen kulkuun.

Tärkeimpiä asioita miehittämättömän aluksen onnistumiselle on laatu ja miten se aluksissa toteutetaan. Laatu, materiaali ja toteutus on oltava ensiluokkaista. Jos nykyaajan tyyliin halutaan säästää laadussa ja materiaaleissa, kuten myös ajassa, ajatellen vain tulevaisuuden tuottoa, miehittämättömät alukset tulevat kohtaamaan alituisesti ongelmia, jotka johtavat lopulta onnettomuuksiin ja kohonneeseen riskitasoon.

Piratismiin siirtyminen verkkoon on todennäköistä, koska hyökkäyksillä ei saada miehistön puuttuessa minkäänlaista etulyöntiasemaa. On kuitenkin mahdollista, että etäoperoidusta aluksesta voitaisiin tuhota tutka-anturit ja muut tiedonsiirrosta vastaavat laitteet, jolloin aluksen kulku pysähtyisi. Tämän jälkeen lastin vieminen ja aluksen hirtaaminen muualle on mahdollista. Riski on mahdollinen, mutta mielestäni epätodennäköinen.

Poliittisesti ajatellen rahoittavien yhtiöiden on muutettava omaa ajattelutyyliään kustannustehokkuudesta. Turvallisuuden sijoittaminen etusijalle miehittämättömien alusten valvonnassa on tärkeämpää kuin henkilöresurssien optimoiminen ja voittojen tavoittelu.

### 10.3 Muut tutkimuskohteet ja aiheet

Opinnäytetyössäni olen esitellyt miehittämättömyyden tulon alukselle ja kuinka tulevaisuudessa turvallisuus ja riskit sen vaikutuksesta tulevat muuttumaan ja kuinka niihin voitaisiin varautua. Tämä opinnäytetyö toimii mielestäni hyvänä pohjana miehittämättömän aluksen kokonaisuuden ymmärtämiselle. Seuraavissa tutkimuksissa työn eri osioita voidaan käsitellä laajemmin ja riskejä analysoida tarkemmin. Jokaisesta riskistä voisi kirjoittaa syvemmän tutkimusanalyysin. Aiheet, joihin mielestäni on hyvä paneutua syvemmin ennen operatiivista toimintaa, ovat muun muassa seuraavanlaisia:

- Lainsäädäntö miehittämättömille aluksille. Mitä kaikkea lainsäädännössä pitää muuttaa, jotta aluksia voidaan operoida lainsäädännön puitteissa.
- Millaiseksi merenkulun työllisyystilanne muodostuu, kun etäoperoidut alukset aloittavat toimintansa.
- Etävalvomon toiminta ja siihen liittyvät suunnitelmat

### 10.4 Etäoperoitu alus ja henkilöstö tulevaisuudessa

Tällä hetkellä täysin miehittämätön alus on mielestäni riskialtis ajatus, ainakin jos puhutaan pidemmistä merimatkoista. Aluksen turvallisen matkan takaaminen maista on, ja tulee olemaan, riskialtista. Riskit kasvavat suuriksi, kun alus on kulussa monia päiviä. Apua suurille valtamerille ei saada, mutta rannikon läheisyydessä hätään voidaan vastata nopeammin.

Siirtymävaiheen pituutta on hankala määrittää, koska kehitystä tapahtuu koko ajan. Itse kuitenkin uskon, että vie vielä vuosikymmeniä, kunnes ensimmäiset suunnitelmallisesti rakennetut miehittämättömät alukset saapuvat liikenteeseen. Siirtymävaiheen loppupuolella oma ehdotukseni on, että aluksella kulkisi mukana vielä kolme navigoinnin ja konepuolen tuntevaa henkilöä, jotka varmistaisivat aluksen turvallisen kulun. He voisivat olla esimerkiksi konepäällikkö, sähkömestari ja kapteeni. Alus olisi täysin autonominen, mutta nämä henkilöt olisivat paikalla heti, jos ongelmia ilmaantuu. Tässä mielessä myös riittävä vaatimus tämän hetken minimimiehityksestä täytyisi. Mies yli laidan -tilanteessa voidaan laivan hallinta taata ja pelastus suorittaa oletta-

en, että valmiusveneen laskemisen voi hoitaa laivan ohjaaja. Asuintilat, muonitus ja kaikki miehistön ylläpitoon tarvittavat laitteet muodostaisivat ylimääräisiä kuluja, mutta uskon silti, että rakenteellisesti alus voidaan suunnitella tarpeeksi optimaalisella tavalla, jolloin hyötysuhde kuluissa ja tuotoissa on paras mahdollinen. Jos aluksella tapahtuisi suurempaa vahinkoa tai korjausta vaativia toimenpiteitä, olisi asiantuntevaa miehistöä lähetettävä paikan päälle muilla aluksilla. Laivalla olevat laitoshoitajat voisivat silti reagoida pienempiin ongelmiin ja korjauksiin. Valvontayksikkö maissa asiantuntijoineen avustaisi näitä laitoshoitajia. Pelastautuminen kolmen hengen miehistölle voidaan taata yhdellä FF-veneellä. Tämä olisi erittäin pieni taloudellinen investointi ja tekisi aluksesta pelastautumisvalmiin.

Jotta laivan muu toiminta pysyisi miehittämättömän aluksen tuomissa eduissa, kuten CO<sub>2</sub>:n käyttämisessä, voitaisiin operoijien tilat pitää erillään niin, että lasti-, kone-, ja muihin tiloihin pääsisi vain tilanteen sitä vaatiessa. Muutoin ne olisivat ilmatiiviitä ja täysin erillään asuintiloista. Operoijien tilat olisivat erillinen yksikkö, mutta apu olisi silti heti saatavilla. Asuintilat ja miehistön ylläpitoon tarvittavat laitteet voitaisiin suunnitella hieman pelkistetyimmiksi mutta silti ajatuksella, että alus olisi rakenteellisesti uudenlainen ja hyötyjen valossa toimiva ja tuottava. En osaa kuitenkaan sanoa, kumpi olisi kustannustehokkaampaa: avun saatavuus heti ja laivan hieman erilainen suunnittelu, vai täysin miehittämätön ja sen mukaisesti suunniteltu alus ja pidempiaikainen avun odottelu.

Suuronnettomuudet aiheutuvat useista samaan aikaan tapahtuvista asioista. Jos aluksella pettää kriittinen turvallisuuteen liittyvä asia eikä sitä päästä korjaamaan heti, on hyvin mahdollista, että seuraava asia pettää, minkä jälkeen ketjureaktiota ei saada keskeytettyä aluksen ollessa avun saavuttamattomissa. Näin ollen on vähintään järkevää, että aluksella voitaisiin heti reagoida ongelmaan ja ehkäistä tulevia ongelmia.

Mielestäni miehittämättömyys olisi parasta soveltaa ensin vain kuivarahti- ja konttialuksille. Laajentuminen muihin alustyyppisiin, kuten hinaajiin tai tankkereihin, ei mielestäni ole vielä mahdollista. Täysin autonominen ja miehittämätön alus on mahdollinen, kun teknologia, laitteistojen luotettavuus, materiaalit ja ajatus etäoperoinnista kehittyvät. Osiossa 10.7 käyn mielestäni varovaista ja suunniteltua alkutaivalta täysin miehittämättömälle alukselle.

## 10.5 Operoijien koulutustaso

Mielestäni tulevaisuudessa olisi luotava täysin erillinen koulutusohjelma miehittämättömien alusten operointiin. Operoijien tulisi tuntea navigointi, konehuoneen kriittisimmät hälytykset ja niiden hoito, sähköjärjestelmät, radioliikenne sekä muonituksen hoito. Huolto- ja välineistötarkastukset hoidettaisiin satamassa tasaisin väliajoin, kuten lentokoneissa. Näin toiminta taattaisiin pidemmällä matkoilla. Kapteeni, konepäällikkö ja sähkömestari hieman lisäkoulutettuina olisivat pätevät henkilöt aluksella vaadittaviin tehtäviin.

Maissa olisi laivalla olevien hoitajien lisäksi valvontaa ympärivuorokautisesti. Nämä kyseiset valvojat voisivat huolehtia useista aluksista kerrallaan. Heidän tehtävänä olisi seurata alusten kulkua ja niiden toimintaa. Koulutusvaatimuksena olisi tavallinen merenkulun koulutusohjelma: vahtiperämies/merikapteeni sekä konemestari/konepäällikkö. Lisäksi etävalvomossa työskenteleville henkilöille voisi mahdollisesti olla käytännönharjoittelu etäoperointiin suunnitellussa aluksessa.

## 10.6 Aluksen tulo ja lähtö

Siirtymävaiheessa, kun aluksella on vielä komentosilta ja töijäyskannet, mielestäni aluksille tarvitaan luotsin asiantuntemusta, jotta navigointi satamaan on turvallista. Luotsikutterin mukana tuotaisiin alukselle miehistöä, kapteeni ja matruuseja, jotka tekisivät turvallisen satamaan tulon. He hoitaisivat myös lähdön ja poistuisivat luotsin mukana, kun alus olisi reitillä, jossa luotsia ei enää tarvita.

Aluksen saapuessa satamaan voitaisiin sen kiinnitys tehdä varmemmaksi kiinteillä satama-altaan eri kulmiin asennetuilla antureilla, jotka kertoisivat alukselle millimetrin tarkasti etäisyydet laiturista. Näihin kiinteisiin antureihin voitaisiin luottaa vielä tarkemmin kuin satelliittipohjaiseen paikanmäärittelyyn. En lisäksi usko, että teknologisesti tällaisen järjestelmän rakentaminen olisi kovin vaikeaa. Lopullinen laiturin kiinnitys tapahtuisi magneeteilla tai imukupeilla.

Vaikka satamaoperoinneissa, kuten lastauksessa ja purussa, tarvitaan henkilöstöä, eikä tämä opinnäytetyö puutu sen automatisointiin, robotiikan tuominen purkaukseen ja lastin ottoon on tulevaisuutta ja tulee alentamaan kustannuksia ja nopeuttamaan satamaoperointiaikoja. Esimerkiksi konttien purussa voidaan kehittää etäoperoituja luki-

tusjärjestelmiä, jotka vapauttaisivat kokonaisia konttirivejä alukselta, jolloin purkaminen sujuisi nopeammin verrattuna nykyisiin lukitusmuotoihin, jotka tarvitsevat henkilön avaamaan ja kiinnittämään ne. Lisäksi purkauksen ja lastauksen aikana tapahtuu kuolemaan johtaneita onnettomuuksia usein. Robotiikan tuominen toisi turvallisuutta ja ehkäisisi henkilövahinkoja.

#### 10.7 Täysautomatisointi

Tulevaisuudessa myös satamat tulevat automatisoitumaan. Rotterdamin satamassa on konttiterminaali, jonka toiminta on tarkoitus automatisoida tulevaisuudessa kokonaan. Lisäksi suuret satamat, kuten Hampuri ja Hongkong, ovat automatisoineet toimintaansa yhä enemmän. (50; 51.)

On innovatiivista ajatella, että joskus meillä olisi täysin automatisoitu väylä kahden automatisoidun sataman välillä. Konttialukset ajaisivat väylää autonomisesti. Saataisiin sujuva ja tehokas ketju, joka hyvällä valvonnalla säästää rahaa, on tuottava ja tekee koko ketjusta toimivan, organisoidun ja riskejä vähentävän ympäristön. Näiden kahden sataman välille voitaisiin luoda kaksi etäoperointikeskusta, jotka toimisivat molemmissa päissä. Kun tämän tyylinen ensiaskel olisi otettu, uusien ketjujen suunnittelu satamien välille olisi varmempaa.

Meillä ei varmasti vielä ole käsitystä siitä, mitä kaikkea voimme hyötyä tulevaisuudessa miehittämättömään alukseen siirryttäessä. Tulevaisuuden teknologia antaa mahdollisuuden käyttää laivoja, pelkän rahtauksen lisäksi, aivan uusiin tarkoituksiin. Kehitys alkaa tapahtua varmasti jo lähitulevaisuudessa. Esimerkkinä on aiemmin työssä mainittu alusten muodostama tietoliikenneverkosto, joka tuottaa markkina-arvoista dataa ympäri maailman.

Tulevaisuudessa aluksista voidaan tehdä energiatehokkaita mutta myös aluksen ympäröivää energiaa sitovia. Aaltovoimaa voisi hyödyntää kitkatavalla lastitiloissa, jossa lastikapselit voisivat liikkua liike-energian tuoman voiman avulla tuottaen esimerkiksi laivan hätäsähköä. Vain mielikuvitus on rajana kaikille energian talteenottomahdollisuuksille.

Kuten aiemmin työssä on todettu, on tutkittu, että laivaonnettomuuksista 75 % johtuu inhimillisestä virheestä (6). Ei ole kuitenkaan tutkittu sitä, kuinka monta onnettomuutta on voitu välttää ihmisten toimesta. Tekeekö kone aina parhaan mahdollisen ratkaisun, vai onko joissain tilanteissa inhimillisuus turvallisempaa? Vaikka konkreettista näyttöä asiasta ei ole, asia on silti huomioimisen arvoinen.

## 10.8 Loppupohdinta

Opinnäytetyöni on aiheena niin laaja, että asian käsitteleminen, ymmärtäminen ja kirjoittaminen oli haasteellista yhtenäisen, kaikenkattavan tekstin aikaansaamiseksi. Toivon, että tällä työllä saadaan piirrettyä jonkinasteinen kokonaiskuva tulevaisuuden miehittämättömästä aluksesta, sen huomioon otettavista riskeistä ja sen mahdollisuudesta toimia merenkulun uudistajana.

Mielestäni merenkulun pitää muuttua ihmisen kehityksen mukana. Kun uusi, teknologiaan tottunut sukupolvi, nk. älypuhelinsukupolvi, tulee asteittain syrjäyttämään nykyiset työssäkäyvät, joutuu tekniikka muuttumaan heidän mukanaan. Heidän tarpeensa ja vaatimuksensa ovat paljon enemmän, kuin mitä ennen on vaadittu. He tarvitsevat helpon, hauskan, kehittyneen ja runsasvirikkeisen työympäristön sekä sosiaalisen median helpon saatavuuden. Merenkulun, kuten myös muiden alojen, on vastattava tähän muutokseen kehittymällä ja vastaamalla haasteisiin, joita tuleva sukupolvi tulee tarvitsemaan. Jos muutosta ei tapahdu, voi se mielestäni johtaa pätevien ja älykkäiden ihmisten poisjääntiin työtehtävistä, joissa heitä juuri tarvitaan. Lisäksi, kun työmääriin on vastattava, seulan läpi otetaan helpommin epäpäteviä henkilöitä, jolloin yleinen riskialttius kasvaa. Mielestäni ennakoiminen ja valmistautuminen tulevaan tekevät sukupolvenvaihdoksesta helpompaa.

Tulevaisuuden etäoperoitu alus ei ole ulkoasultaan eikä varustukseltaan samanlainen kuin nykyiset laivat. Täysin automatisoitu alus on pelkistetty, ulkomuodoltaan ja asultaan futuristinen ja monimutkainen rakennelma. Ihmisille ei ole aluksella enää mitään. Alusten ohjaaminen sen sijaan pysyy samana muuttaen vain muotoaan. Päällikön ja perämiesten on oltava merenkulun ammattilaisia, joita velvoittaa samat vastuut, olivat he laivalla tai eivät.

On selvää, että missään vaiheessa aluksista ei voida tehdä täysin riskittömiä. Tärkeintä tulevaisuudessa on etsiä ne keinot, joilla etäoperoidun aluksen riskit saadaan minimoitua. Riskien minimoiminen on mielestäni operatiivisen jatkuvuuden varmistamista ja aluksen tulevan kokeman ennustamista.

Lopuksi haluan todeta, että miehittämättömän aluksen kokonaisvaltaiseen toimivuuteen liittyy monien alojen erityisosaajia. Jotta koko kompleksi saadaan tulevaisuudessa toimivaksi, on kaikkien kehitettävä ratkaisuja tämän yhteisen päämäärän saavuttamiseksi. On ymmärrettävä, että tehtäessä historiaa on nähtävä kokonaiskuva lopullisesta saavutuksesta – maalista – johon vain yhteistyöllä päästään. Kyse ei ole kilpailusta eikä voittajasta vaan koko merenkulun uudistuksesta ja ajattelutavan muutoksesta.



## LÄHTEET

1. Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P. Tutki ja kirjoita. 8.painos. Vantaa. 2002. 195 s. ISBN 951-26-4618-8.
  
2. Moisio, J. Vika- ja vaikutusanalyysi prosessien parantamisessa. 10/2009. Saatavissa: [http://media.ims.fi/Artikkelit/Jatkuva-parantaminen/Ota\\_Vika -  
\\_ja vaikutusanalyysi\\_%28FMEA%29\\_kayttoon\\_prosessien\\_parantamisessa.pdf](http://media.ims.fi/Artikkelit/Jatkuva-parantaminen/Ota_Vika_-_ja_vaikutusanalyysi_%28FMEA%29_kayttoon_prosessien_parantamisessa.pdf) [viitattu 15.1.2015]
  
3. Koneiston valvonta, ohjaus ja automaatio. Saatavissa: [https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/kul-24.4410/materiaali/Kul-  
24\\_4410\\_oppikirjan\\_luku\\_10.pdf](https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/kul-24.4410/materiaali/Kul-24_4410_oppikirjan_luku_10.pdf) [viitattu 4.1.2015]
  
4. Schuler, M. U.S. Navy Testing Unmanned Autonomous ‘Swarm’ Boats. 6.10.2014. Saatavissa: <http://gcaptain.com/u-s-navy-testing-unmanned-autonomous-swarm-boats/> [viitattu 22.10.2014]
  
5. Office of Naval Research. Internet video 4.10.2014. Saatavissa: [https://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=ITTvgkO2Xw4](https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=ITTvgkO2Xw4) [viitattu 23.10.2014]
  
6. Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks (MUNIN) MUNIN Brochure 2013. 2013. Saatavissa: <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2013/01/MUNIN-Brochure.pdf> [viitattu 18.10.2014]
  
7. Norman, J., Rajabally, E. Technology Roadmap for Remote-Control/Autonomous Marine Vessels. 19.3.2014. Salainen. Ei saatavissa.
  
8. Rajabally, E. 2014. Remote Control and Autonomous Marine Vessel Strategic Research. Strategic Research Centre. Salainen. Ei saatavissa.
  
9. Lindborg, I. Haastattelu 26.11.2014. Rauma: Rolls- Royce Oy Ab

10. Waterborne TP 2007 Strategic Research Agenda Saatavissa:  
(<http://www.waterborne-tp.org/index.php/documents>) (Implementation plan - Full)  
[viitattu 18.12.2014]
  
11. Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) ja Tampereen yliopisto. UXUS: Unmanned ship command centre ideas. Powerpoint-esitys. 23.9.2014. Salainen. Ei saatavissa.
  
12. Rolls-Royce Oy Ab 14.3.2013. Yritysesittely.
  
13. Rolls-Royce Oy Ab 10/2014. Yritysesittely.
  
14. Lindborg, I. Haastattelu 4.3.2015. Helsinki: Aalto-yliopiston taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu
  
15. Levander, O. Ship Intelligence- seminar: Ship Intelligence Trends. Powerpoint-esitys. 11.12.2014. Lontoo. Salainen. Ei saatavissa.
  
16. Seventh Framework Programme 2007. Saatavissa:  
[http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/european\\_energy\\_policy/i23022\\_en.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/i23022_en.htm) [viitattu 13.11.2014]
  
17. Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks (MUNIN) 2012. Saatavissa: <http://www.unmanned-ship.org/munin/> [viitattu 20.1.2015]
  
18. Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks (MUNIN) MUNIN Brochure 2014. 02/2014. Saatavissa: [http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2014/01/MUNIN\\_Brochure\\_2014\\_Final.pdf](http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2014/01/MUNIN_Brochure_2014_Final.pdf) [viitattu 17.12.2014]
  
19. Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks (MUNIN) 2014. MUNIN's 1st Simulation Test Round. 2014. Saatavissa: <http://www.unmanned-ship.org/munin/munins-1st-simulation-test-round/> [viitattu 19.12.2014]
  
20. Meriteiden säännöt 30/1977. Saatavissa:  
<http://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1977/19770030>

21. Laki laivaväestä ja aluksen turvallisuusjohtamisesta 29.12.2009/1687
22. Merenkulun ympäristönsuojelulaki 29.12.2009/1672
23. Hämäläinen, R. Luokituslaitosten näkemykset alusten turvallisuusjohtamisjärjestelmistä. Opinnäytetyö. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, Merenkulun koulutusohjelma. Kotka. 2011.
24. Moraeus, J. A.. Enhanced lookout through sensor system. Powerpoint- esitys. 10.9.2014Hampuri
25. Adams, S. D. ReVolt – next generation short sea shipping. 11.9.2014. Saatavissa: <https://www.dnvgl.com/news/revolt-next-generation-short-sea-shipping-7279> [viitattu 15.4.2015]
26. Nexus d.o.o. Maritime Connector. “ZeroCat 120” winner of Ship of the year 2014. 13.9.2014. Saatavissa: <http://maritime-connector.com/news/general/%E2%80%9Czerocat-120%E2%80%9D-winner-of-ship-of-the-year-2014/> [viitattu 13.12.2014]
27. Kable. Ship-Technology.com Norled ZeroCat Electric Powered Ferry, Norway. Saatavissa: <http://www.ship-technology.com/projects/norled-zero-cat-electric-powered-ferry/> [viitattu 13.12.2014]
28. Schuler, M. DNV-GL’s Short Sea Ship of the Future is Unmanned. 11.9.2014 Saatavissa: <http://gcaptain.com/dnv-gl-short-sea-ship-of-the-future-is-unmanned/> [viitattu 27.3.2015]
29. Kable. Ship-Technology.com 2014 Bernardus Hybrid Tug, Netherlands. Saatavissa: <http://www.ship-technology.com/projects/bernardus-hybrid-tug/> [viitattu 13.12.2014]
30. Lindborg, I. Ship Intelligence- seminar: oX – Operator Experience Concepts. Powerpoint- esitys. 11.12.2014. Salainen. Ei saatavissa.

31. Taylor, C. Rolls-Royce and VTT unveil a vision of ship intelligence with futuristic oX bridge concept. 11.12.2014. Salainen. Ei saatavissa.
  
32. Rolls-Royce plc. Saatavissa: <https://www.flickr.com/photos/rolls-royceplc/sets/72157647334399764/>
  
33. Bruhn, W. C., Burmeister, H-C., Moaerus, J. A., Long, M. T. Conducting look-out on an unmanned vessel: Introduction to the advanced sensor module for MUNIN's autonomous dry bulk carrier. Powerpoint-esitys. 4.9.2014. Saatavissa: <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2014/09/MUNIN-ISIS-final-online.pdf> [viitattu 13.3.2015].
  
34. Alusliikennepalvelulaki 5.8.2005/623
  
35. Virtanen, T. Redundanttiset järjestelmät. Insinöörityö. Metropolia. Auto- ja kuljetustekniikka. 2009. Helsinki. 7 s. (Varmennetut sähköjakelujärjestelmät. (st-kirja) Helsinki: Sähkötieto Oy. 2005. 91 s.)
  
36. Kongsberg. IMO DP Classification. 2014 Saatavissa: <http://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/D9479D5DB35FCA01C1256A4C004A876E?OpenDocument> [viitattu 16.4.2015]
  
37. Onnettomuustutkintakeskus (OTKES). Vakavat vaaratilanteet. 11.8.2014.] Saatavissa: <http://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/vesiliikenneonnettomuuksientutkin-ta/tutkintaselostuksetaihealueittain/vakavatvaaratilanteetvesiliikenteessa.html> [viitattu 12.1.2015]
  
38. Marine Accident Investigation Branch (MAIB). Marine Accident Investigation Branch reports. 2015. Saatavissa: <https://www.gov.uk/maib-reports> [viitattu 1.4.2015]
  
39. Helle, A. Henkilökohtainen tiedonanto 9.4.2015. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Kotka

40. Virtanen, O. Uudelle matkustaja-alukselle asetetut Safe Return to Port (SRTP) vaatimukset 1.7.2010 lähtien. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Merenkulun koulutusohjelma. 2010. Mikkeli
41. Onnettomuustutkintakeskus (OTKES). Tutkintaselostukset aihealueittain. 11.8.2014. Saatavissa:  
<http://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/vesiliikenneonnettomuuksientutkinta/tutkintaselostuksetaihealueittain.html> [viitattu 14.1.2015]
42. Onnettomuustutkintakeskus (OTKES). Törmäykset. 11.8.2014.] Saatavissa:  
<http://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/vesiliikenneonnettomuuksientutkinta/tutkintaselostuksetaihealueittain/tormayksetvesiliikenteessa.html> [viitattu 23.2.2015]
43. United Nations Institute for Training and Research. UNOSAT Global Report on Maritime Piracy. 2014. 10 s. Saatavissa:  
[http://unosat.web.cern.ch/unosat/unitar/publications/UNITAR\\_UNOSAT\\_Piracy\\_1995-2013.pdf](http://unosat.web.cern.ch/unosat/unitar/publications/UNITAR_UNOSAT_Piracy_1995-2013.pdf) [viitattu 9.3.2015]
44. Ilmatieteenlaitos. Jäättämisvaroitukset. 3.2.2015. Saatavissa:  
<http://ilmatieteenlaitos.fi/jaatamisvaroitukset> [viitattu 13.4.2015]
45. Onnettomuustutkintakeskus (OTKES). Karilleajot. 24.9.2014. Saatavissa:  
<http://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/vesiliikenneonnettomuuksientutkinta/tutkintaselostuksetaihealueittain/karilleajot.html> [viitattu 2.2.2015]
46. Onnettomuustutkintakeskus (OTKES). Pohjakosketukset. 17.7.2014. Saatavissa:  
<http://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/vesiliikenneonnettomuuksientutkinta/tutkintaselostuksetaihealueittain/pohjakosketukset.html> [viitattu 2.2.2014]
47. Onnettomuustutkintakeskus (OTKES). Lastit ja lastinkäsittely. 11.8.2014. Saatavissa:  
<http://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/vesiliikenneonnettomuuksientutkin->

[ta/tutkintaselostuksetaihealueittain/lastitjalastinkasittelyvesiliikenteessa160.html](http://ta/tutkintaselostuksetaihealueittain/lastitjalastinkasittelyvesiliikenteessa160.html) [viitattu 25.2.2014]

48. Keränen, V., Leinonen, M. Aluksen käsittelyn teoria ja simulaattoriharjoitukset. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, merenkulun koulutusohjelma. 2009. Mikkeli. 17 s.

49. Cavotec MoorMaster. Automated mooring system. 05/2007. Saatavissa: <http://www.google.fi/url?sa=t&ret=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0CC8QFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.cavotec.com%2Fstatic%2Fupload%2Fmedia%2FAutomated%2520Mooring%2520Systems%2520catalogue.pdf&ei=pob8VMP6PObOygP7uoHgCg&usg=AFQjCNFqn4ooioyRna7Qt748WtMtaCxMpQ&bvm=bv.87611401,d.bGQ> [viitattu 10.1.2015]

50. Bernecker + Rainer Industrie Elektronik. The future of automated port logistics. 2013. Saatavissa: <https://www.br-automation.com/en/company/press-room/technical-reports/the-future-of-automated-port-logistics/> [viitattu 10.4.2015]

51. Terex. Fully Automated Container Terminals. 2014. Saatavissa: <http://www.terex.com/port-solutions/en/solutions/solutions-for-terminals/fully-automated-container-terminals/index.htm> [viitattu 10.4.2015]

Miehittämättömän aluksen vika- ja vaikutusanalyysi

Mahd.vik. tapa	Vaikutus	TOD	VAK	Valvonta/Ehkäisy	HAV	RT
Tulipalo	Lastin tuhot, aluksen menetys	2	3	Anturiston kahdennus, CO2-järjestelmä	1	6
Sähkövika	Blackout, ajelehtiminen	3	3	Varajärjestelmän tärkeys, laitteistojen redundanttisuus	2	18
Konevika	Aluksen propulsion menetys, karilleajo	3	2	Varajärjestelmän tärkeys	2	12
Yhteentörmäys	Uppoaminen, muiden alusten henkilövahingot	3	3	Ennakoiva ja tarkka navigointi, automaattiset ilmoitukset muille aluksille	2	18
Tiedonsiirron katkeaminen	Ohjailun/kontrollonin menetys	2	3	Laitteiden luotettavuus, varatoimenpiteet	2	18
Lastin siirtyminen	Vakavuuden menetys, uppoaminen	1	2	Lastitilojen tyhjien osien täyttö, lastitilojen suunnittelu optimaaliseksi,	2	4
Karilleajo, matalat vedet ja vuototilanne	Vuototilanne, uppoaminen, pohjakosketus	3	3	Hyvä karttajärjestelmä, tarkka paikanmäärittäminen, tulevan kokeman ennustus	3	27
Verkkopiratismi	Aluksen menetys	3	4	Virustorjunnan taso, uusien koodien kirjoittaminen	3	36
Piratismi	Aluksen menetys, panttivangit	2	4	Rakenteelliset muutokset, alukseen nousu ei mahdollista	2	16
Jäissä operointi, Jäätäminen	Vakavuuden menetys, tutkien menetys, aluksen kiinnijääminen	1	2	Jäättilanteen seuranta, optimaalisen reitin etsintä, jäätämisen esto	5	10
Squat, virtaukset	Karilleajo, pohjakosketus, aluksen menettäminen	3	3	Tarkempi ja valvottu navigointi pahoissa paikoissa, tulevan kokeman ennustus	4	36

TOD = Todennäköisyys: 1 = hyvin epätodennäköinen  
2 = epätodennäköinen  
3 = keskinkertainen  
4 = todennäköinen  
5 = erittäin todennäköinen

VAK = Vakavuus: 1 = vähäinen/ei ollenkaan  
2 = lievä  
3 = kohtalainen  
4 = vakava  
5 = erittäin vakava/tuhoisa

HAV = Havaittavuus: 1 = aina havaittavissa  
2 = usein havaittavissa  
3 = keskinkertaisesti havaittavissa  
4 = joskus havaittavissa  
5 = ei havaita /vaikeasti havaittavissa

RT = Riskitaso: 1 – 125

Riskitaso määritelmät:

1–10 = todella pieni  
10–25 = vähäinen/lievä  
25–50 = kohonnut, huomioon otettava  
50–125 = suuri ja vakava riskitaso

Lähde: (2.)